

## **Monografia**

# **"UTILIZAÇÃO DE TUBOS DE PVC RIB LOC PARA REDE DE ÁGUAS PLUVIAIS"**

Autor(a): Thaís Souza Liberato

Orientador(a): Prof. Aldo Giuntini de Magalhães

Belo Horizonte - MG

Setembro/2015

Thaís Souza Liberato

**"UTILIZAÇÃO DE TUBOS DE PVC RIB LOC PARA REDE DE ÁGUAS  
PLUVIAIS"**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização  
em Construção Civil da Escola de Engenharia da  
Universidade Federal de Minas Gerais.  
Ênfase: Tecnologia e produtividade das construções

Orientador(a): Prof. Aldo Giuntini de Magalhães

Belo Horizonte - MG  
Escola de Engenharia da UFMG

2015

Dedico este trabalho primeiramente a Arcelor Mittal pela oportunidade e parceria com a UFMG, e à Premo Construções Empreendimentos pela indicação ao curso e oportunidade de aprendizado.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por ter me dado força para superar as dificuldades.

A esta universidade e seu corpo docente pela oportunidade de aprendizado e vislumbre de novos horizontes.

Ao meu gerente e grande amigo, Fábio Vieira, pela atenção, cuidado e paciência.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	vii
LISTA DE TABELAS .....	.ix
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....	.x
LISTA DE SÍMBOLOS .....	.xi
RESUMO .....	.xii
ABSTRACT .....	.xiii
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. OBJETIVO .....	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1 Tubos de concreto armado .....	7
3.1.1 <i>Levantamento de dados</i> .....	12
3.1.2 <i>Concepção da rede</i> .....	13
3.1.3 <i>Projeto hidráulico</i> .....	13
3.1.4 <i>Projeto estrutural</i> .....	15
3.1.5 <i>Fabricação</i> .....	22
3.1.6 <i>Armazenamento</i> .....	24
3.1.7 <i>Transporte</i> .....	25
3.1.8 <i>Obras</i> .....	25
3.2 Tubos de PVC Rib Loc .....	28
4. ESTUDO DE CASO OBRA CONDOMÍNIO RESIDENCIAL HABITAT II .....	29
4.1 Apresentação da obra .....	29
4.2 Redes de águas pluviais .....	30
4.2.1 <i>Projeto drenagem profunda</i> .....	33
4.2.2 <i>Quantidade drenagem profunda</i> .....	33
4.2.3 <i>Dimesionamento da rede tubular de concreto</i> .....	35
4.2.4 <i>Situação inicial canteiro da obra</i> .....	36
4.2.5 <i>Planejamento da atividade</i> .....	38
4.2.6 <i>Tecnologia Rib Loc</i> .....	41
4.2.7 <i>Mudança tubos de concreto por tubos PVC Rib Loc</i> .....	43
4.2.8 <i>Modificações projeto</i> .....	44

4.2.9 <i>Execução da atividade</i> .....	45
5. RESULTADOS.....	61
6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....	62
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	63
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Tubos circulares de concreto .....	08
FIGURA 2 – Tubos circulares de concreto .....	08
FIGURA 3 – Tipos de encaixes entre tubos de concreto .....	11
FIGURA 4 – Tipos de instalações de tubos de concreto .....	16
FIGURA 5 – Instalação em vala induzida .....	17
FIGURA 6 – Tubos circulares em valas .....	18
FIGURA 7 – Largura correspondente ao nível da geratriz superior do tubo .....	18
FIGURA 8 – Largura correspondente ao plano horizontal .....	19
FIGURA 9 – Largura correspondente ao plano horizontal .....	19
FIGURA 10 – Tipos de instalação tubos .....	20
FIGURA 11 – Fabricação dos tubos circulares de concreto armado .....	23
FIGURA 12 – Fabricação dos tubos circulares de concreto armado .....	23
FIGURA 13 – Fabricação dos tubos circulares de concreto armado .....	24
FIGURA 14 – Armazenamento de tubos circulares de concreto .....	25
FIGURA 15 – Transporte de tubos circulares de concreto .....	26
FIGURA 16 – Montagem de tubos circulares de concreto .....	27
FIGURA 17 – Vista superior Condomínio Residencial Habitat 2 .....	31
FIGURA 18 – Vista Condomínio Residencial Habitat 2 .....	32
FIGURA 19 – Vista Condomínio Residencial Habitat 2 .....	32
FIGURA 20 – Parte do projeto Rede de Drenagem Profunda .....	33
FIGURA 21 – Perfil rua “D” .....	34
FIGURA 22 – Vista ruas “B” e “C” do condomínio .....	36
FIGURA 23 – Vista ruas “B”, “C” e “D” do condomínio .....	37
FIGURA 24 – Vista rua “A” do condomínio .....	37
FIGURA 25 – Vista ruas “A” e “D” do condomínio .....	38
FIGURA 26 – Situação taludes e rua “A” após chuvas .....	39
FIGURA 27 – Situação taludes e rua “A” após chuvas .....	39
FIGURA 28 – Situação taludes e rua “C” após chuvas .....	40
FIGURA 29 – Situação taludes e rua “A” após chuvas .....	40
FIGURA 30 – Esquema instalação tubos Rib Loc .....	42
FIGURA 31 – Esquema instalação tubos Rib Loc .....	42
FIGURA 32 – Corte exemplificando o assentamento correto dos tubos Rib Loc .....	43
FIGURA 33 – Parte do projeto da Rede de Drenagem Profunda revisado .....	45

FIGURA 34 – Perfil rua “D” revisado .....	46
FIGURA 35 – Chegada da primeira carga de Rib Loc .....	47
FIGURA 36 – Descarga tubos Rib Loc .....	47
FIGURA 37 – Descarga tubos Rib Loc .....	48
FIGURA 38 – Armazenamento tubos Rib Loc .....	48
FIGURA 39 – Transporte tubos Rib Loc até a vala .....	49
FIGURA 40 – Transporte tubos Rib Loc até a vala .....	49
FIGURA 41 – Escavação de valas .....	50
FIGURA 42 – Escavação de valas .....	50
FIGURA 43 – Escavação de valas e acerto manual de fundo de valas .....	51
FIGURA 44 – Escavação de valas e acerto manual de fundo de valas .....	51
FIGURA 45 – Montagem dos tubos Rib Loc com o auxílio de retroescavadeira .....	52
FIGURA 46 – Posicionamento manual tubos Rib Loc para colagem juntas .....	52
FIGURA 47 – Reaterro com cascalho .....	53
FIGURA 48 – Reaterro lateral com cascalho .....	54
FIGURA 49 – Tubo reaterro com cascalho .....	55
FIGURA 50 – Reaterro com material de escavação .....	56
FIGURA 51 – Compactação com auxílio de caminhão pipa .....	57
FIGURA 52 – Compactação com equipamento mecânico tipo Mikasa .....	57
FIGURA 53 – Compactação com equipamento mecânico tipo Mikasa .....	58
FIGURA 54 – Rede compactada .....	59
FIGURA 55 – Rede compactada .....	60
FIGURA 56 – Redes de drenagem profunda executadas e liberadas para o tráfego .....	60
FIGURA 57 – Comparativo de custo entre as soluções técnicas .....	61

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Classe dos tubos x gargas de fissura / ruptura .....	12
TABELA 2 - Quantidades orçadas redes de águas pluviais .....	35
TABELA 3 – Rede de águas pluviais – Orçamento .....	35
TABELA 4 – Rede de águas pluviais – Executado .....	44

## **LISTA DE NOTAÇÕES, ABREVIATURAS**

ABTC = Associação Brasileira dos Fabricantes de Tubos de Concreto

IBTS = Instituto Brasileiro de Telas Soldadas

MCMV = Minha Casa Minha Vida

MT = Ministério do Trabalho

NBR = Norma Brasileira

PMCMV = Programa Minha Casa Minha Vida

PV's = Poços de visitas rede de drenagem

SPE = Sociedade de propósito específico

## LISTA DE SÍMBOLOS

A= Área molhada

b = Largura da vala correspondente ao plano da geratriz superior do tubo

bv = largura de escavação da vala

B = Espessura do encaixe da bolsa

Ct = Coeficiente de Martson

Cv= Coeficiente de carga para tubos instalados em valas

d = Diâmetro do tubo de concreto

D = Espessura da parede do tubo

De = Diâmetro externo da tubulação

DN = Diâmetro nominal do tubo

F = Coeficiente de impacto

Fe = Fator de equivalência

h = Altura do reaterro da vala

I= Declividade

L = Comprimento do tubo

M= Pressão resultante no solo

N= Coeficiente de Rugosidade de Manning

P= Carga sobre o tubo por unidade de comprimento

q = Carga uniformemente distribuída

Q= Vazão

Rh= Raio hidráulico

$\Phi$  = Peso específico do solo de reaterro

$\emptyset$  = diâmetro do tubo de concreto

## **RESUMO**

Sabe-se que atualmente no Brasil, de um modo geral, a infra-estrutura de drenagem mostra-se insuficiente. Com a escassez de mão de obra qualificada na área para a execução de redes de águas pluviais, é necessário o desenvolvimento de novas tecnologias que dependam menos de recursos humanos e insumos. A técnica de tubos Rib Loc veio ao mercado para facilitar o processo de execução de obras de escoamento de águas e por consequência diminuir prazos e custos. Nesse trabalho serão apresentados os comparativos entre os tubos de concreto e os tubos de PVC Rib Loc e mostradas as vantagens de cada método. Será apresentado um estudo de caso referente a aplicação dos tubos de PVC Rib Loc em uma obra de condomínio habitacional Minha Casa Minha Vida, contendo as vantagens na troca dos tubos de concreto pelo Rib Loc.

Palavras-chave: Drenagem; tecnologia; concreto; Tubos de PVC Rib Loc

## **ABSTRACT**

It is now known that in Brazil, in a general way, the infrastructure with regard to drainage is insufficient. Because of the shortage of skilled workforce in the field of execution of stormwater networks it has been necessary to develop new technologies that depend less on human resources and inputs. Rib Loc pipes technique was launched into the market to facilitate the execution process of building drainage systems and as a result to shorten deadline and cost. The comparatives between concrete and PVC Rib Loc pipes will be brought forward and the advantages of each method will be displayed in this research. A case study referring to the installation of PVC Rib Loc pipes in a housing development as part of Minha Casa Minha Vida program will be presented, containing the benefits of changing concrete pipes into Rib Loc ones.

Keywords: Drainage; technology; concrete; PVC Rib Loc pipes.

# 1. INTRODUÇÃO

De acordo com o dicionário Aurélio COMUT *on-line*<sup>1</sup>, drenagem é “a operação que consiste em facilitar, por meio de drenos ou fossas, o escoamento das águas nos terrenos demasiadamente úmidos”.

O escoamento de águas, tanto em cidades quanto em área rural, é significativo, pois é por meio dele que são evitados alagamentos devido à enchentes, e áreas improdutivas se tornam áreas agrícolas.

A drenagem no Brasil começou a se popularizar com a inauguração da cidade de Belo Horizonte, em Minas Gerais, que foi a primeira cidade criada com serviços de água e esgoto. Se desenvolveu a partir de 1912, quando o esgoto passou a ser obrigatoriamente projetado e construído independentemente da drenagem pluvial.

De um modo geral nas cidades brasileiras, a infra-estrutura em relação à drenagem caracteriza-se como insuficiente. Sabe-se também que o planejamento, elaboração de projetos, bem como a execução de obras deste tipo têm sido comprometidas devido à falta de recursos e escassez de mão de obra qualificada em todos os níveis.

No Brasil, para a confecção das canalizações pluviais são utilizados largamente tubos de concreto. Por ser de fácil obtenção, possuir variados diâmetros, durabilidade, resistência mecânica e preço acessível, mostra-se vantajoso, já que se tem a tradição e confiança nos resultados. Porém, há alguns anos várias técnicas inovadoras têm sido utilizadas e os tubos PVC Rib Loc vêm se popularizando. Esta técnica tem sido bem aceita devido a praticidade no canteiro de obras e a necessidade de utilização de poucos recursos.

---

<sup>1</sup> [www.dicionariodoaurelio.com.br/drenagem](http://www.dicionariodoaurelio.com.br/drenagem)

Os tubos de PVC Rib Loc são menos divulgados e utilizados do que os de concreto. Porém, possuem várias vantagens em relação aos tubos de concreto, tais como leveza, desempenho hidráulico, fácil manuseio e aplicação, fabricação “in loco”, menor número de juntas. Sem contar no menor número de equipamentos, insumos e mão de obra no canteiro.

De acordo com os manuais existentes no mercado, Rib Loc é uma tecnologia de fabricação de tubulações plásticas de grandes diâmetros pelo processo de enrolamento helicoidal de um perfil de PVC. A tecnologia Rib Loc surgiu na Austrália há mais de 20 anos e está presente em mais de 40 países, onde vem sendo aplicada com grande sucesso.

## **2. OBJETIVO**

O objetivo do presente trabalho é fazer um estudo comparativo entre os tubos de concreto e os tubos de PVC Rib Loc, mostrando as vantagens de cada processo e defender a utilização desta nova técnica tanto em obras rodoviárias, quanto urbanas e habitacionais.

Também será mostrado um estudo de caso da obra de um condomínio habitacional subsidiado pelo programa do governo Minha Casa Minha Vida, na cidade Ubá – Minas Gerais. Nesta obra, o orçamento foi composto com a utilização de tubos de concreto de vários diâmetros, e para otimizar prazo e dimensionamento de mão de obra no período das chuvas foi estudada e aplicada a técnica do Rib Loc.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Atualmente, na literatura, encontram-se facilmente informações sobre as características dos tubos circulares de concreto armado. Porém as informações sobre os tubos de PVC Rib Loc são muito limitadas. Há poucos trabalhos sobre o assunto, e as principais características são informadas nos manuais dos fabricantes.

Para o estudo e desenvolvimento do tema foram utilizadas principalmente duas bibliografias de referência para o comparativo entre os tubos de concreto e tubos Rib Loc: Lima, *et al.* (2010) e Schmitz (2002).

Na história das redes de águas pluviais, COMUT *on-line*<sup>2</sup>, é descrito que no início a drenagem era um complemento da irrigação para a agricultura. Com o tempo acabou evoluindo, e foi utilizada para recuperar terrenos inundados, regular a umidade do solo para áreas agrícolas e desviar as águas dos solos de áreas destinadas à construção civil.

Conforme descrição COMUT *on-line*<sup>3</sup>, a drenagem de águas superficiais e profundas existe desde os primórdios. O estabelecimento das civilizações antigas em locais fixos tornou possível o surgimento de técnicas de manuseio da água sobre o solo e foram estabelecidos processos de irrigação para a produção de alimentos, independentemente das condições climáticas.

Ainda segundo página COMUT *on-line*<sup>3</sup>, antigamente as cidades se desenvolviam próximas a leitos de rios, devido a facilidades de sobrevivência. Inicialmente utilizados como fonte de água potável para consumo, os rios se tornaram poluídos devido a descartes de lixo e esgoto, e conseqüentemente as populações migravam para outros lugares com características semelhantes. Este ciclo se

---

<sup>2</sup> <http://www.drb-assessoria.com.br/1historiadadrenagem.pdf>

<sup>3</sup> <http://www.pt.wikipedia.org/wiki/Drenagem>

repetiu por muitos séculos por todas as localidades mundiais, especialmente nas pequenas comunidades urbanas. Com o desenvolvimento das civilizações, os indivíduos passaram a criar moradias permanentes, surgindo assim grandes cidades e gerando maior volume de esgoto e lixo nas vias públicas. A sujeira somente era removida quando a situação se tornava insustentável, com pilhas de detritos espalhados pelas ruas causando mau cheiro e incômodo à população. Esta condição se repetiu até o início do século XIX. Nesta época apareceram os primeiros sistemas de distribuição de água potável, encanamentos de rede coletora de esgoto e drenagem urbana de águas pluviais.

A referência no Brasil para o surgimento e desenvolvimento de serviços de água e esgoto em vias urbanas foi a inauguração da cidade de Belo Horizonte, que foi a primeira cidade brasileira a ter traçados urbanísticos predefinidos, e tinha serviços de água e esgoto já projetados pelo engenheiro civil sanitário Saturnino de Brito (1864-1929) (LIMA; *et al.*, 2010).

Lima, *et al.* (2010) citam que somente quando o sistema de esgotamento sanitário foi obrigado a ser projetado e executado separado da rede de águas pluviais, a drenagem tornou-se obrigatória nos projetos de urbanização no Brasil.

Ainda de acordo com Lima, *et al.* (2010), não há hoje no Brasil dados precisos sobre a situação da drenagem nas cidades, porém é claro que o planejamento, a elaboração de projetos, assim como a execução de obras de redes pluviais em vias urbanas são seriamente prejudicados devido a falta de recursos (tanto materiais quanto de mão de obra qualificada). Sendo assim não há a infraestrutura necessária nas cidades para evitar perdas de bens e vidas.

Segundo relatório COMUT *on-line*<sup>4</sup> “o processo de urbanização no Brasil, nos últimos anos, se deu com o crescimento maior das cidades médias e um crescimento menor das metrópoles. A população urbana brasileira, hoje, é da ordem de 80% contra uma urbanização na década de 40 a 50 abaixo de 40%. O processo de urbanização no Brasil foi, em grande parte, desordenado e falho na previsão da população total. A questão a

---

<sup>4</sup> <http://www.semharh.se.gov.br/modules/wfdownloads/visit.php?cid=1&lid=185>

ser levantada é que o problema da drenagem está muito associado a questão da urbanização”.

Ainda conforme relatório COMUT *on-line*<sup>4</sup>, “quando não há um planejamento da expansão urbana e fiscalização eficaz, ocorre a ocupação dos leitos dos corpos d’água urbanos. A população que aí se aloja fica, então, sujeita inundações”.

O relatório COMUT *on-line*<sup>4</sup> também informa que as enchentes são um problema crônico e usual no país. As adversidades já são conhecidas e acontecem todos os anos em períodos de fortes chuvas, e causam inundações, onde em situações simples interrompem o tráfego de veículos e humano em vias, e em situações extremas destroem todos os tipos de construções. O problema afeta principalmente a população de baixa renda, que possuem suas residências localizadas nas periferias, onde não existem escoamentos de águas pluviais e esgoto.

Os resíduos sólidos que são carregados pelas águas das chuvas para os leitos dos rios também causam a poluição dos mesmos. A limpeza das vias urbanas não é eficiente, e a população também não é consciente quando se trata de descarte de lixo. Sendo assim, a qualidade da água pluvial escoada das ruas para os cursos d’água é baixa. É necessário que haja um manejo correto dos resíduos sólidos nas cidades. Há excesso de lixo com destinação incorreta, e como o destino é a rede de drenagem, o custo da manutenção da mesma é alto e na maioria das vezes fica inviável. Além do mais, o leito dos rios ainda recebe uma grande parte do esgoto das cidades, já que o esgotamento sanitário ainda é extremamente deficiente (RELATÓRIO COMUT *on-line*<sup>4</sup>, 2003).

O relatório COMUT *on-line*<sup>4</sup>, ainda cita que no Brasil a rede de águas pluviais são planejadas contando com o rápido escoamento das águas das chuvas para os leitos dos rios, transferindo o problema para a jusante. O alto crescimento populacional no grandes e médios centros aliado ao fato citado acima traz o caos ao cenário da infra-estrutura no país. Antigamente não eram definidos os horizontes de projeto para a rede de águas pluviais. As obras eram demoradas, e

às vezes, antes mesmo das mesmas serem concluídas o sistema planejado já não comportava a demanda para a rede.

Foram feitas profundas alterações na drenagem natural, procurando eliminar as características do meio que eram julgadas inadequadas ao meio urbano. Foram usados indiscriminadamente aterros, desmatamentos, redução dos espaços naturais, canalização e retificação de córregos, lançamentos de água pluvial em locais inadequados (RELATÓRIO COMUT *on-line*<sup>4</sup>, 2003).

De acordo com a Lei Federal nº11.445/2007 (COMUT *on-line*<sup>5</sup>, Lei Federal de Saneamento Básico) “um sistema de drenagem e manejo de águas pluviais é composto por estruturas e instalações de engenharia destinadas ao transporte, retenção, tratamento e disposição final das águas das chuvas”.

Os sistemas de drenagem são classificados de acordo com seu tamanho em sistemas de microdrenagem e sistemas de macrodrenagem. A microdrenagem inclui a coleta das águas superficiais ou subterrâneas através de pequenas e médias galerias. Já a rede de macrodrenagem engloba, além da rede de microdrenagem, galerias de grande porte e os corpos receptores destas águas - rios ou canais (LEI FEDERAL Nº11.445/2007 – LEI FEDERAL DE SANEAMENTO BÁSICO).

### **3.1 Tubos de concreto armado**

Como cita o manual da empresa Artefatos Delta COMUT *on-line*<sup>6</sup>, os tubos de concreto também são chamados de manilhas de concreto, tubos de galeria ou aduelas. São artefatos de concreto utilizados para captação e escoamento de águas pluviais, esgotos sanitários, efluentes industriais, canalização de córregos e galerias e drenagem de áreas propensas a alagamentos.

Pela ABTC (Associação Brasileira de Tubos de Concreto), são definidos como peças circulares pré-moldadas em concreto, com encaixe tipo macho-fêmea ou ponta-bolsa, podendo ser armados ou não.

---

<sup>5</sup> [http://www.cedae.com.br/ri/Regulacao\\_Lei\\_11445.pdf](http://www.cedae.com.br/ri/Regulacao_Lei_11445.pdf)

<sup>6</sup> <http://www.artefatosdelta.com.br/tubos-concreto.php>

As FIGURAS 1 e 2 mostram exemplos de tubos circulares de concreto armado.



FIGURA 1 - Tubos circulares de concreto  
Fonte: Empresa Artefatos Delta, online, acesso em agosto de 2015



FIGURA 2 - Tubos circulares de concreto  
Fonte: Empresa Artefatos Delta, online, acesso em agosto de 2015

Silva (2011, p. 01) informa que “os tubos de concreto armado enterrados são utilizados como a principal alternativa para a construção de galerias de drenagem e esgotos urbanos em todo o mundo”. Conforme o autor, este tipo de obra, assim como obras de drenagem, não ficam visíveis para a população, porém, merecem o mesmo cuidado dedicado às obras estruturais. Qualquer falha pode causar danos sérios e onerosos, mesmo que não apresentem vítimas fatais.

Lima, *et al.* (2010) citam que o Brasil tem uma longa tradição na utilização de tubos de concreto em obras de canalização de águas pluviais. Atualmente, há tecnologia capaz de produzir variados diâmetros. A tubulação rígida de concreto é feita com armaduras ou sem armaduras, porém em obras de redes de águas pluviais são utilizados os tubos com concreto armado.

Lima, *et al.* (2010, p. 01) informam que “os tubos de concreto apresentam-se como um ótimo produto em relação à sua durabilidade, resistência mecânica (segundo a ABTC esses tubos quando submetidos à compressão diametral sofrem deformações de até 0,1% em seu diâmetro) e disponibilidade de fornecimento no mercado - devido às fábricas se localizarem próximas aos locais das obras”.

Ainda de acordo com Lima, *et al.* (2010), o processo de fabricação é simples, iniciando com a montagem da armação, fixação da forma circular e concretagem. São produzidos hoje no mercado vários tipos de diâmetro para estes tubos.

Para se dimensionar uma rede, primeiramente precisa-se conhecer o histórico das chuvas na região para determinar a vazão e determinar os carregamentos e instalação (LIMA; *et al.*, 2010).

A ABTC especifica que as peças em concreto armado devem ser dimensionadas de acordo com a necessidade de vazão, especificidade (condução de água pluvial) e resistência mecânica necessária (de acordo com a carga que atuará sobre a peça). Sendo assim, quanto maior for a resistência do produto, maior será o número de sua classificação.

A norma técnica brasileira que regulamenta o processo de fabricação e dimensionamento de tubos circulares de concreto é a NBR 8890 (ABNT, 2008) – “Tubos de concreto de seção circular para águas pluviais e esgotos sanitários – Requisitos e métodos de ensaio”.

Conforme o manual da empresa Artefatos Delta, COMUT *on-line*<sup>6</sup>, os tubos de concreto são divididos em duas categorias: tubos simples e tubos armados. Os tubos de concreto simples são classificados em PS1 e PS2, onde a maior

numeração corresponde a uma maior resistência. Os tubos de concreto armados são classificados em PA1, PA2, PA3 e PA4, onde quanto maior a numeração, maior a carga por ele suportada.

De acordo com a norma NBR 8890/08 (ABNT, 2008):

- PS1 e PS2 – Para tubos de concreto simples (diâmetro de 200 a 600 mm);
- PA1, PA2, PA3 e PA4 – Para tubos de concreto armado (diâmetro de 300 a 2000 mm).

Segundo a ABCT há no mercado atualmente dois tipos de juntas: rígidas e elásticas.

Lima, *et al.* (2010, p. 18) mostram que “os tubos com junta rígida, que é o método de encaixe (ponta e bolsa ou macho e fêmea), podem ser utilizados para todos os tipos de obras de drenagem e são rejuntados com argamassa feita de areia e cimento. Já nos tubos feitos com junta elástica utilizam-se anéis de borracha em suas extremidades, garantindo uma melhor estanqueidade no transporte da água”.

Segundo a NBR 8890 (ABNT, 2008), no caso da destinação para águas pluviais o uso de juntas elásticas é opcional, considerando que a utilização destas garante uma maior estanqueidade do fluido conduzido no interior do tubo.

A FIGURA 3 mostra que existem dois tipos de encaixe para tubos circulares de concreto.

A ABTC ainda informa que as nomenclaturas dos tubos são dadas de acordo com a sua respectiva classe de resistência que corresponde a valores mínimos de fissuração e rompimento da peça.

A TABELA 1 mostra as classes existentes dos tubos circulares de concreto armado, e suas cargas mínimas de fissura e ruptura para águas pluviais e esgoto sanitário.

De acordo com Relvas, *et al.* (2004), em artigo publicado na revista *Téchne*, para o bom desempenho de uma rede de drenagem é fundamental que os seguintes itens sejam atendidos:

1. Levantamento de dados
2. Concepção de rede
3. Projeto hidráulico
4. Projeto Estrutural
5. Obras
  - 5.1 Escavação de valas
  - 5.2 Assentamento de tubos
  - 5.3 Reaterro de valas

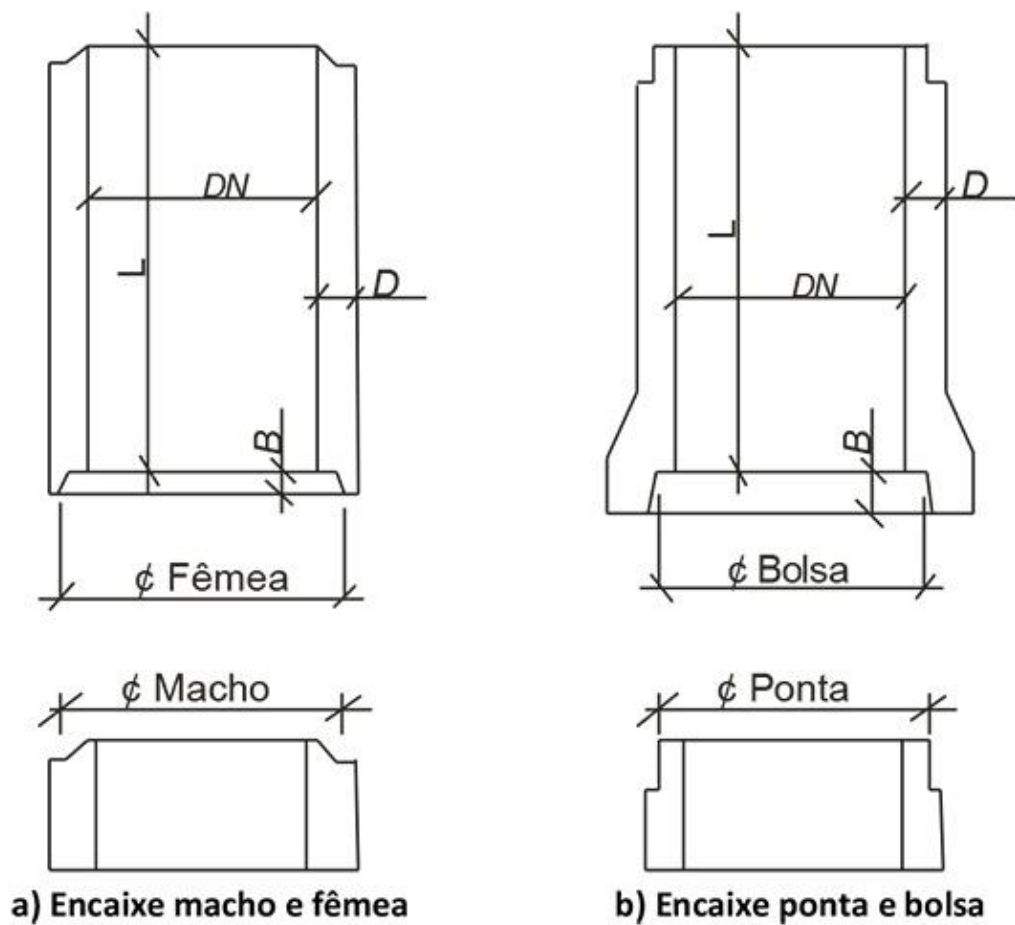


FIGURA 3 – Tipos de encaixes entre tubos de concreto  
Fonte: NBR 8890 (ABNT, 2008), p. 12

TABELA 1 – Classes dos tubos x cargas de fissura / ruptura  
 Fonte: NBR 8890 (ABNT, 2008), p. 13

DN (d)	Água pluvial								Esgoto sanitário					
	Carga mín. fissura				Carga mín. ruptura				Carga mín. fissura			Carga mín. ruptura		
	kN/m				kN/m				kN/m			kN/m		
Classe	PA1	PA2	PA3	PA4	PA1	PA2	PA3	PA4	EA2	EA3	EA4	EA2	EA3	EA4
300	12	18	27	36	18	27	41	54	18	27	36	27	41	54
400	16	24	36	48	24	36	54	72	24	36	48	36	54	72
500	20	30	45	60	30	45	68	90	30	45	60	45	68	90
600	24	36	54	72	36	54	81	108	36	54	72	54	81	108
700	28	42	63	84	42	63	95	126	42	63	84	63	95	126
800	32	48	72	96	48	72	108	144	48	72	96	72	108	144
900	36	54	81	108	54	81	122	162	54	81	108	81	122	162
1000	40	60	90	120	60	90	135	180	60	90	120	90	135	180
1100	44	66	99	132	66	99	149	198	66	99	132	99	149	198
1200	48	72	108	144	72	108	162	216	72	108	144	108	162	216
1500	60	90	135	180	90	135	203	270	90	135	180	135	203	270
1750	70	105	158	210	105	158	237	315	105	158	210	158	237	315
2000	80	120	180	240	120	180	270	360	120	180	240	180	270	360
<b>Carga diametral de fissura/ruptura kN/m</b>														
Qd	40	60	90	120	60	90	135	180	60	90	120	90	135	180
<p>(1) Carga diametral de fissura (trinca) ou ruptura é a relação entre a carga de fissura (trinca) ou ruptura e o diâmetro nominal do tubo.</p> <p>(2) Outras classes podem ser admitidas mediante acordo entre fabricante e comprador, devendo ser satisfeitas as condições estabelecidas nesta Norma para tubos de classe normal. Para tubos amados, a carga mínima de ruptura deve corresponder a 1,5 da carga mínima de fissura (trinca).</p>														

### 3.1.1 Levantamento de dados

Segundo Relvas, *et al.* (2004), deve ser feito um estudo minucioso dos fatores que irão contribuir para a alimentação da rede, como áreas, permeabilidade, população, índices pluviométricos, características do solo de escavação e assentamento, para que o dimensionamento seja correto.

### 3.1.2 Concepção da rede

Relvas, *et al.* (2004) mostra que devem ser considerados fatores como urbanização, topografia, pontos de descargas ou interligação com outras redes. A concepção da rede é fundamental e exige muita experiência dos profissionais. A má concepção pode gerar uma significativa alteração do custo final e eventualmente até da performance técnica da rede.

### 3.1.3 Projeto hidráulico

No projeto hidráulico são tomadas as decisões a necessárias à garantir o bom desempenho funcional do condutor, com a definição de seção de vazão, locação em planta e corte, medidas de proteção contra a erosão, entupimentos e riscos de inundação, levando-se em conta as ações hidráulicas capazes de agir sobre a estrutura (RELVAS; *et al.*, 2004).

Conforme Lima, *et al.* (2010), para esta etapa primeiramente deve-se tomar cuidado como os fatores externos que podem levar a rede tubular ao colapso, tais como inundações, assoreamentos etc.

O regime de escoamento é livre e sua rugosidade e declividade são constantes, o que permite uma uniformidade para um bom trabalho da rede (LIMA, *et al.*, 2010).

Relvas, *et al.* (2004), por sua vez, informa que os tubos de concreto são classificados como canais uniformes e retilíneos, com seção transversal, rugosidade das paredes e declividade constantes em cada trecho a ser dimensionado por regime de escoamento permanente e livre.

Lima, *et al.* (2010) mostram que a fórmula utilizada para o cálculo da vazão no projeto hidráulico é a fórmula de Manning (Eq.1):

$$Q = \frac{1}{n} [A x (Rh)^{2/3} x I^{1/2}] \quad (1)$$

Onde:

- Q: Vazão, em m<sup>3</sup>/s
- A: Área molhada, em m<sup>2</sup>
- I: Declividade
- Rh: Raio hidráulico
- n: Coeficiente de Rugosidade de Manning

Lima, *et al.* (2010) citam que para o caso dos tubos de concreto, o coeficiente de rugosidade de Manning mais utilizado é de 0,013. A velocidade mínima e máxima recomendadas é de 0,5 m/s e 5,0 m/s respectivamente. Desta forma evita-se assoreamento devido à baixa velocidade de escoamento e o surgimento de trincas nas paredes dos tubos caso a velocidade seja muito alta.

Ainda de acordo com Relvas, *et al.* (2004), a velocidade máxima de 5,0 m/s serve para garantir a integridade das paredes e evitar erosões e a mínima de 0,5 m/s serve para evitar o acúmulo de partículas sólidas carregadas pelos líquidos.

Com o cálculo da vazão é determinado o diâmetro do tubo a ser utilizado (LIMA; *et al.*, 2010).

De acordo com dados do IBTS (Instituto Brasileiro de Telas Soldadas), COMUT *on-line*<sup>7</sup>, atualmente, os fabricantes de tubos de concreto são representados pela

---

<sup>7</sup> [http://www.abct.com.br/site/download/projeto\\_concreto\\_armado.pdf](http://www.abct.com.br/site/download/projeto_concreto_armado.pdf)

ABCT, que entre outras atividades fornece assistência técnica a projetistas, construtores e outros órgãos.

#### 3.1.4 Projeto Estrutural

De acordo com Lima, *et al.* (2010) o projeto estrutural de tubos de concreto, assim como qualquer outro, visa atender aos estados limites de serviços a partir dos esforços solicitantes.

Existem porém, dificuldades em relação aos seus cálculos dos esforços solicitantes devido à complexidade para definir as pressões do solo contra suas paredes. Para isso, precisam-se determinar os carregamentos e suas devidas instalações.

Conforme o Manual IBTS COMUT *on-line*<sup>7</sup>, existem três tipos principais de instalações de tubos:

- Instalação em vala (ou trincheira) – o tubo é instalado em uma vala aberta no terreno natural e posteriormente aterrada até o nível original (FIGURA 4a).
- Instalação em aterro com projeção positiva – o tubo é instalado sobre a base e aterrado de forma que a sua geratriz superior esteja acima do nível natural do solo (FIGURA 4b).
- Instalação em aterro com projeção negativa – o tubo é instalado em vala estreita e pouco profunda, com o topo do conduto abaixo da superfície natural do terreno (FIGURA 4c).

Cabe destacar que existem variações destas formas básicas e que existem ainda dois outros tipos de instalações: instalação por cravação e instalação em vala induzida ou imperfeita.

A instalação por cravação é quando o tubo é cravado por equipamentos especiais sem que haja nenhum tipo de aterro externamente ao tubo.

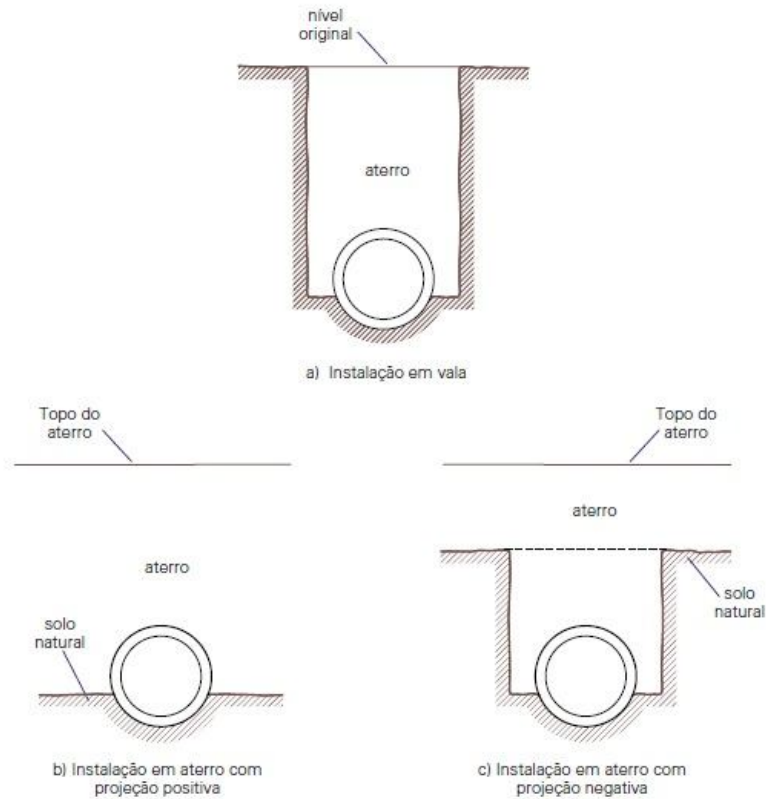


FIGURA 4 – Tipos de instalações de tubos circulares  
Fonte: ABCT, online, acesso em agosto de 2015

A instalação por vala induzida ou imperfeita é aquela em que o tubo começa a ser instalado como tubo em aterro com projeção positiva. Após a colocação de parte do aterro, é escavada uma vala da largura do conduto e enchida com material bastante compressível (FIGURA 5). Devido à alta compressibilidade desta camada, haverá uma tendência de desvio das cargas sobre o tubo para as laterais, de forma a reduzir a resultante das pressões sobre o tubo. Este tipo de instalação é, normalmente, reservado para grandes alturas de aterro sobre o tubo.

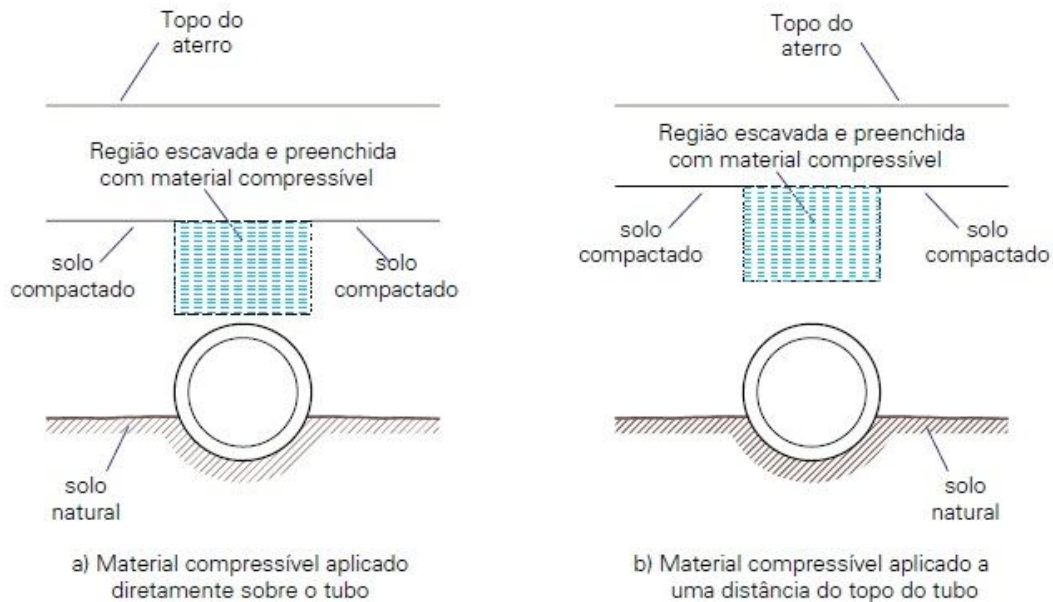


FIGURA 5 – Instalação em vala induzida  
 Fonte: ABCT, online, acesso em agosto de 2015

O presente trabalho considera apenas as instalações feitas em vala para efeitos de estudos e comparações.

De acordo com Lima, *et al.* (2010) nos tubos instalados em valas a tendência de deslocamento do solo da vala mobiliza forças de atrito que reduzem a carga que atua sobre o topo do tubo, o que corresponde a desviar a carga que atua sobre o conduto para as suas laterais. Segue exemplo na FIGURA 6.

Lima, *et al.* (2010) citam que a partir da inclinação do talude, a largura da vala vai crescendo à medida que se distancia do plano horizontal acima do topo do tubo. Considerando-se o valor da largura da vala igual a  $b_v$  para cálculo, sendo esta a largura da vala se corresponde à geratriz superior do tubo. Porém, quando a inclinação do terreno se inicia ao nível da geratriz superior do tubo, a largura  $b_v$  para cálculo é igual a largura da vala correspondente ao plano horizontal. Isto é exemplificado nas FIGURAS 7, 8, e 9.

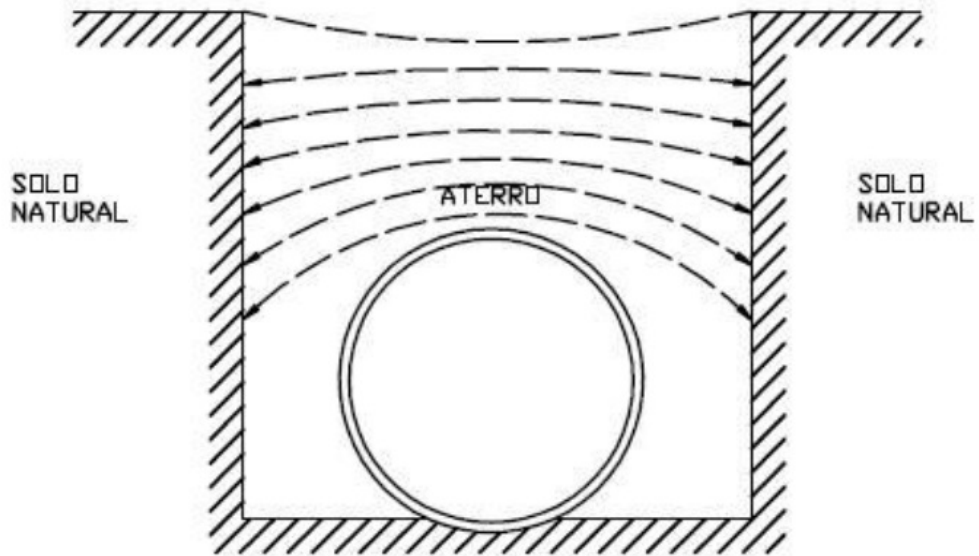


FIGURA 6 – Tubos circulares em valas  
 Fonte: Lima, *et al.* (2010, p. 10)

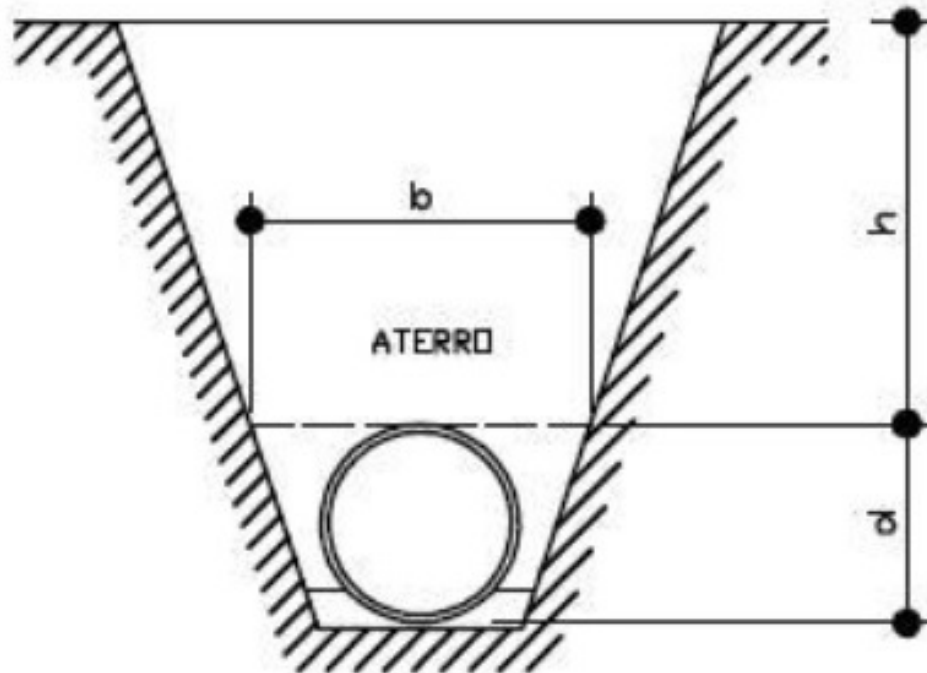


FIGURA 7 – Largura correspondente ao nível da geratriz superior do tubo  
 Fonte: Lima, *et al.* (2010, p. 11)

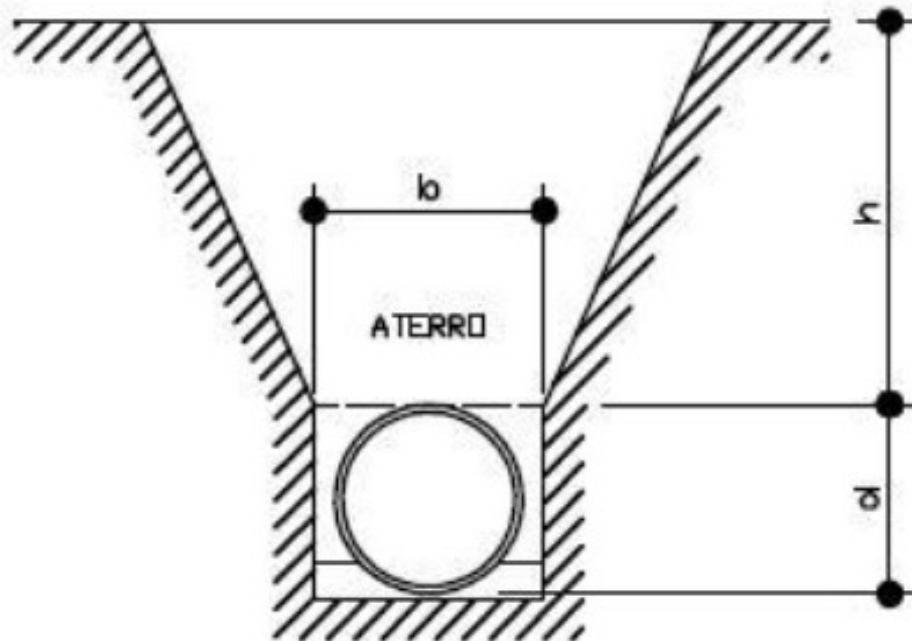


FIGURA 8 – Largura correspondente ao plano horizontal  
Fonte: Lima, *et al.* (2010, p. 11)

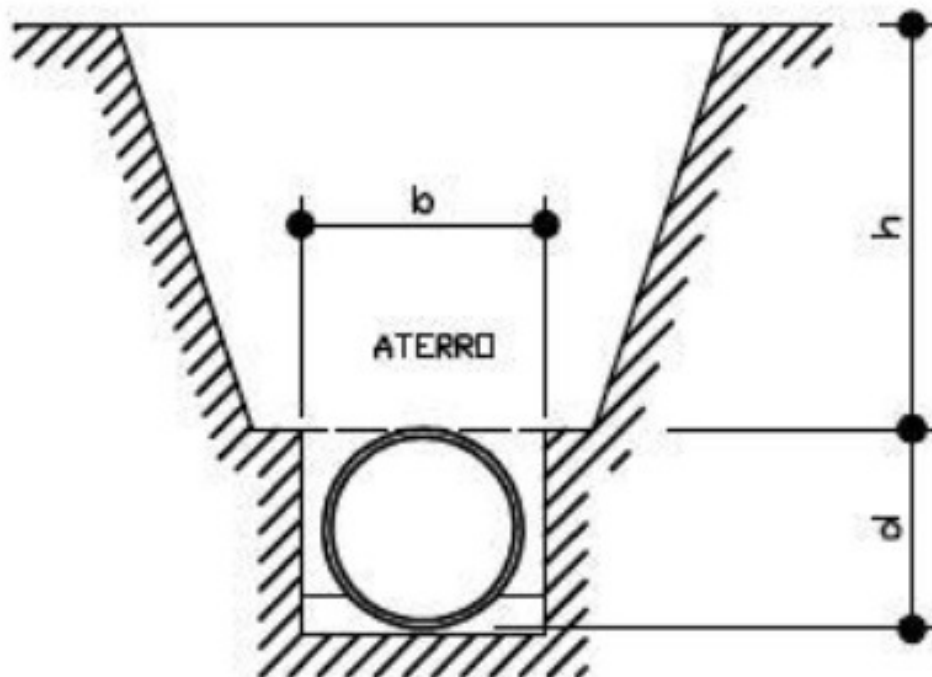


FIGURA 9 – Largura correspondente ao plano horizontal  
Fonte: Lima, *et al.* (2010, p. 11)

Segundo a ABTC, a resultante das cargas aumenta com a largura da vala bv. Caso esta largura aumente muito, pode-se atingir uma situação em que a formulação apresentada deixará de ser válida, pois o comportamento não irá se corresponder mais a uma situação de vala, e sim de aterro. Na FIGURA 10 são mostrados os tipos de instalações:

- a) linha dupla de tubos instalados em aterro com projeção positiva;
- b) linha simples de tubos instalados em aterro com projeção positiva;
- c) linha simples de tubos instalados em vala com largura variável;
- d) linha simples de tubos instalados em vala, com escoramento de madeira.

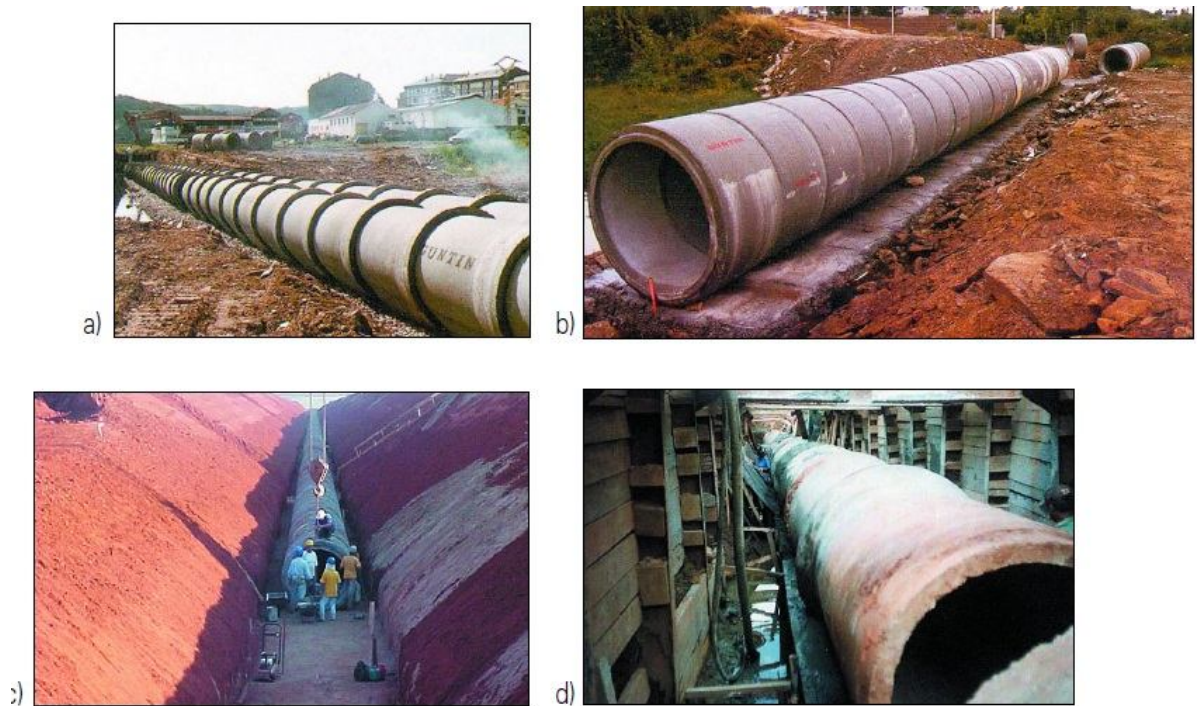


FIGURA 10 – Tipos de instalações de tubos circulares  
Fonte: ABCT, online, acesso em agosto de 2015

Pelo trabalho de Lima, *et al.* (2010), a carga total sobre os tubos é:

$$\text{Carga total} = \text{Carga do solo} + \text{Cargas móveis, onde}$$

Carga do solo (Eq.2):

$$P = C_v \times \varphi \times B^i \quad (2)$$

Onde:

- P: Carga sobre o tubo por unidade de comprimento (N/m<sup>2</sup>);
- B: Largura da vala no plano da geratriz superior do tubo (m);
- C<sub>v</sub>: Coeficiente de carga para tubos instalados em valas, que depende do tipo de solo, da profundidade da instalação e da largura de vala;
- $\varphi$ : Peso específico do solo de reaterro

Cargas concentradas (Eq. 3):

$$M = C_t \times \frac{P \times F}{L} \quad (3)$$

Cargas distribuídas (Eq. 4)

$$M = C_t \times q \times F \times D_e \quad (4)$$

Onde:

- M: Pressão resultante no solo (Pa);
- P: Carga concentrada (por exemplo, a roda do veículo) aplicada na superfície do solo segundo a vertical do centro do tubo (N);
- q : Carga uniformemente distribuída (N/m<sup>2</sup>);
- L: Comprimento do tubo (m);
- D<sub>e</sub>: Diâmetro externo da tubulação (mm);
- C<sub>t</sub>: Coeficiente de Martson, que depende dos valores adquiridos em L/2h e D/h;

- F: Coeficiente de impacto, sendo: F=1,50 para rodovias e F=1,75 para ferrovias; F=1,00 a 1,50 para aeroportos.

Conforme Lima, *et al.* (2010) além de realizar todos esses procedimentos, é importante determinar o tipo de base para assentar as tubulações, obtendo assim o fator de equivalência (Fe), onde:

1. Assentamento diretamente sobre o solo local: Fe = 1,1
2. Assentamento diretamente sobre o solo local com acomodação da bolsa ou sobre base de rachão (brita 3 e 4): Fe = 1,5
3. Assentamento sobre brita graduada ou material granular: Fe = 1,9
4. Assentamento sobre berço de concreto: Fe = 2,25 a 3,4

Determina-se assim a carga que efetivamente atua sobre os tubos, e consequentemente a resistência do tubo.

De acordo com Lima, *et al.* (2010):

$$\text{Carga atuante sobre o tubo de concreto} = \text{Carga Total} / \text{Fe}$$

Onde: Fe = Fator de equivalência

### 3.1.5 Fabricação

Conforme a NBR 8890 (ABNT, 2008), a escolha dos materiais para a produção do concreto destinado à fabricação dos tubos deve considerar a agressividade do meio, interno e externo, onde serão instalados os tubos. A relação água/cimento deve ser no máximo 0,50 para tubos destinados à águas pluviais. Pode ser utilizado qualquer tipo de cimento Portland, onde o valor mínimo da resistência do concreto deverá ser 25 MPa.

As FIGURAS 11, 12, e 13 mostram a fabricação de tubos de concreto.



FIGURA 11 – Fabricação tubos circulares de concreto armado  
Fonte: ABCT, online, acesso em agosto de 2015

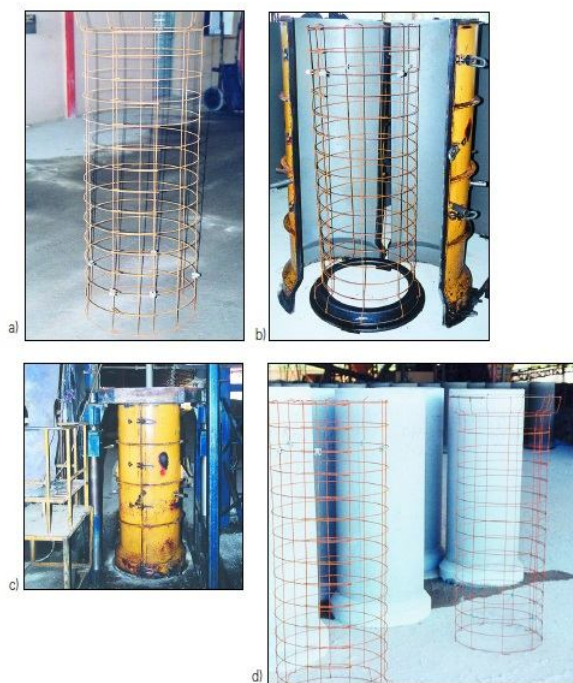


FIGURA 12 – Fabricação tubos circulares de concreto armado  
Fonte: ABCT, online, acesso em agosto de 2015



FIGURA 13 – Fabricação tubos circulares de concreto armado  
Fonte: ABCT, online, acesso em agosto de 2015

### 3.1.6 Armazenamento

A FIGURA 14 mostra os tipos de armazenamento dos tubos circulares de concreto armado: armazenamento de tubos com o eixo na posição horizontal; armazenamento de tubo de pequeno diâmetro com o eixo na posição vertical; armazenamento de tubo de grande diâmetro com o eixo na posição vertical e detalhe da colocação de tubo no local de armazenamento,

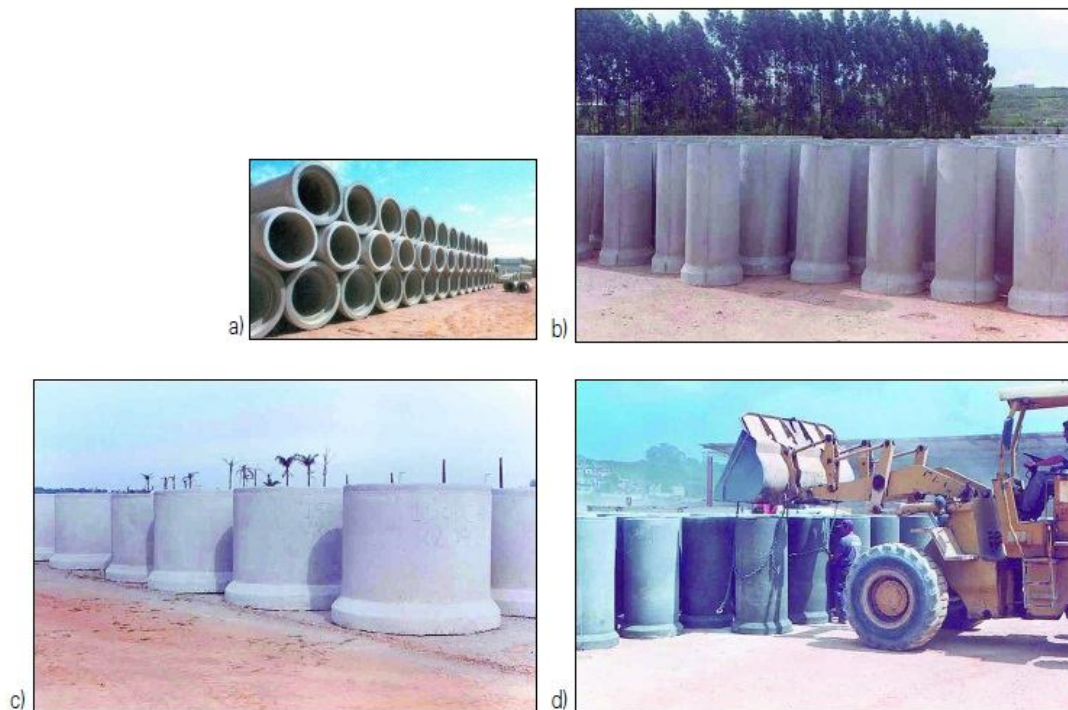


FIGURA 14 – Armazenamento de tubos circulares de concreto  
Fonte: ABCT, online, acesso em agosto de 2015

### 3.1.7 Transporte

A FIGURA 15 exemplifica o transporte de tubos de concreto, onde há: transporte de tubos com eixo na posição horizontal; transporte de tubos com o eixo na posição vertical e detalhe de colocação do tubo para o transporte.

### 3.1.8 Obras

De acordo com Relvas, *et al.* (2004), as redes de tubos de concreto para drenagem pluvial podem ser executadas em valas ou aterros. É recomendado apoiar uniformemente todo o corpo cilíndrico do tubo, criando nichos para acomodações das bolsas e evitar a concentração de tensões nas tubulações.



FIGURA 15 – Transporte de tubos circulares de concreto  
Fonte: ABCT, online, acesso em agosto de 2015

Ainda de acordo com Relvas, *et al.* (2004), as obras devem obedecer rigorosamente às normas técnicas pertinentes. Antes de iniciá-las é necessário a determinação ou locação das coordenadas de projeto, assim como medidas de proteção e sinalização.

#### *Escavação de valas*

Lima, *et al.* (2010) citam que para a execução da rede é necessário a marcação da rede com equipamentos apropriados, sendo que a atividade deve ser executada de jusante para montante. Conforme os autores, as valas devem ter larguras de acordo com o tubo, e profundidade de acordo com o perfil do terreno e declividade da rede. Haverá a necessidade de escoramento caso as mesmas estejam com profundidade superior a 1,25 m (portaria n° 08 do MT).

De acordo com a Relvas, *et al.* (2004), cuidados especiais devem ser tomados caso haja a necessidade de rebaixamento do lençol freático.

### *Assentamento de tubos*

Lima, *et al.* (2010) citam que a instalação dos tubos ocorre após a execução do berço de concreto na vala. As juntas e suas aplicações com argamassas devem ser bem feitas para garantir a estanqueidade.

De acordo com Relvas, *et al.* (2004), a montagem deverá seguir paralelamente à abertura da vala, de jusante para a montante. A descida dos tubos na vala deve ser feita cuidadosamente, manualmente ou com o auxílio de equipamentos mecânicos (FIGURA 16). Os tubos devem estar limpos internamente e sem defeitos.

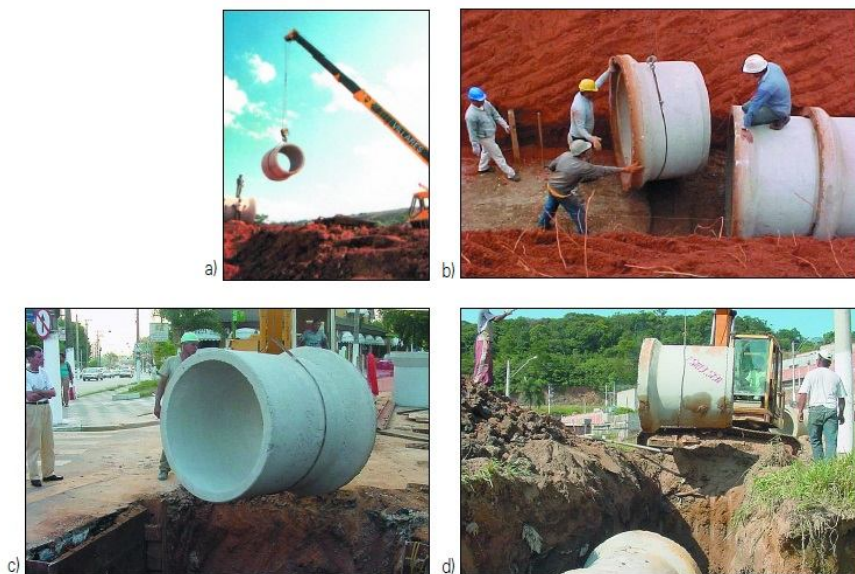


FIGURA 16 – Montagem de tubos circulares de concreto  
Fonte: ABCT, online, acesso em agosto de 2015

Ainda por Relvas, *et al.* (2004), cuidados especiais devem ser tomados principalmente com as bolsas e pontas dos tubos, contra possíveis danos na utilização de cabos e/ou tesouras. No momento do acoplamento, os tubos devem ser suspensos por cabos de aço ou cintas, sempre pelo diâmetro externo, verificando-se o alinhamento dos extremos a serem acoplados. Quando a rede tiver junta elástica, deve ser observado se os anéis de borracha estão

posicionados corretamente e, se após o acoplamento, não há a necessidade de realizar o rejuntamento. Caso os tubos tenham junta rígida, após o acoplamento, deve-se executar o rejuntamento pelo lado externo com a utilização da argamassa de areia e cimento. Para tubos com diâmetro nominal interno de 800 mm em diante recomenda-se também o rejuntamento interno.

### *Reaterro de valas*

Lima, *et al.* (2010) citam que para o reaterro, o material deverá ser aplicado em camadas de no máximo 10 cm e compactados com equipamentos manuais, tipo “sapo mecânico”, atingindo uma altura mínima de 80 cm sobre a geratriz superior do tubo, quando poderá ser compactado com equipamento autopropelido.

De acordo com Relvas, *et al.* (2004), o reaterro deverá ser feito com material compatível e com o nível de compactação adequado. Cuidados especiais deverão ser tomados com o reaterro inicial ao lado dos tubos, pois normalmente o local é de difícil acesso, dificultando a compactação do solo.

Antes de iniciar a compactação mecânica do reaterro com equipamento de grande porte é importante que o engenheiro verifique se o tubo foi dimensionado para aquela determinada solicitação de carga.

### **3.2 Tubos PVC Rib Loc**

De acordo com o Manual de Instalação dos Tubos de PVC Rib Loc da empresa Drenartec (2014), “os tubos são o resultado do processo do bobinamento helicoidal de um perfil de PVC extrusado, com encaixes macho-fêmea em suas bordas onde é adicionado adesivo, proporcionando um intertravamento”. Seus estudos e aplicações serão mostrados no estudo de caso a seguir.

## **4. ESTUDO DE CASO OBRA CONDOMÍNIO RESIDENCIAL HABITAT 2**

### **4.1 Apresentação da obra**

O estudo da rede de águas pluviais foi feito na obra “Condomínio Residencial Habitat 2”. Trata-se de uma obra de edificação, de caráter residencial, situada na cidade Ubá-MG. Foi composta por 43 blocos, com um total de 700 apartamentos e 700 vagas de estacionamento. A área construída projetada é de 31.580,99 m<sup>2</sup> e será implantada em um terreno com área total de 165.735,79 m<sup>2</sup>.

A Construtora Altiare é a empresa responsável pela construção, e está em parceria com a Itatiaia Móveis (fábrica de móveis local) no empreendimento com a sociedade de propósito específico: “Habitat 2 Empreendimentos Imobiliários SPE LTDA”.

O projeto estava inserido no Plano Nacional de Habitação, em parceria com a Caixa Econômica Federal, no PMCMV (Programa Minha Casa Minha Vida). Teve como foco a baixa renda e é apropriado para a faixa 2 do programa.

A construção foi dividida em 2 (duas) etapas. Na primeira, foi realizada obra de infraestrutura do Condomínio. As atividades realizadas foram:

- Sistema de drenagem pluvial (incluindo sarjetas e meio-fio);
- Estação de Tratamento de Esgoto (ETE);
- Posteamto e rede elétrica;
- Pavimentação em alvenaria poliédrica;
- Redes de esgoto sanitário;
- Reservatório elevado 75 m<sup>3</sup>;
- Rede de distribuição de água;
- Reservatório de concreto 100 m<sup>3</sup>;

- Estação de bombeamento Booster;
- Proteção de taludes de corte e aterro (hidrossemeadura).

A infraestrutura foi concluída em 21/08/2015. A segunda etapa da obra é prevista para início em setembro/2015. As atividades previstas para esta fase são: fundação das edificações, produção das paredes em concreto armado, montagem dos prédios e acabamentos.

Ao invés da alvenaria convencional, a obra possuirá sistema construtivo com paredes de concreto armado, e pré lajes. Toda a edificação será industrializada. Esta inovação tecnológica será toda produzida em canteiro, com montagem dos prédios com equipamentos adequados, tais como guias e guindastes.

É previsto um custo total para a 1ª fase de R\$ 5.529.947,91, sendo que deste custo, o equivalente à rede de águas pluviais é de R\$ 931.635,29 e a parte que cabe à rede de drenagem profunda é R\$ 192.705,82 (3,48 % do custo total do empreendimento).

Seguem as FIGURAS 17, 18 e 19, que são referentes às fotos humanizadas do empreendimento, mostrando onde e como se localizarão as edificações e o aspecto final do condomínio a ser entregue.

#### **4.2 Rede de Águas Pluviais**

A Drenagem da obra de infra estrutura do condomínio é dividida em superficial e profunda, onde as atividades eram:

1. Drenagem superficial
  - Poços de visita;
  - Chaminé dos poços de visita;
  - Caixas coletoras de sarjetas;
  - Sarjetas STC-03;

- Meio fio de concreto;
- Valetas de proteção de corte,
- Sarjeta tipo B;
- Ala para rede tubular;
- Bocas de lobo;
- Descidas d'água;
- Dissipador de energia.

## 2. Drenagem profunda

- Redes tubulares de concreto

O foco do estudo é a rede de águas pluviais profunda, onde houve substituição do tubo convencional circular de concreto armado por tubos helicoidais de PVC.



FIGURA 17 – Vista superior Condomínio Residencial Habitat 2  
Fonte: Construtora Altiare, 2015



FIGURA 18 – Vista Condomínio Residencial Habitat 2  
Fonte: Construtora Altiare, 2015



FIGURA 19 – Vista Condomínio Residencial Habitat 2  
Fonte: Construtora Altiare, 2015



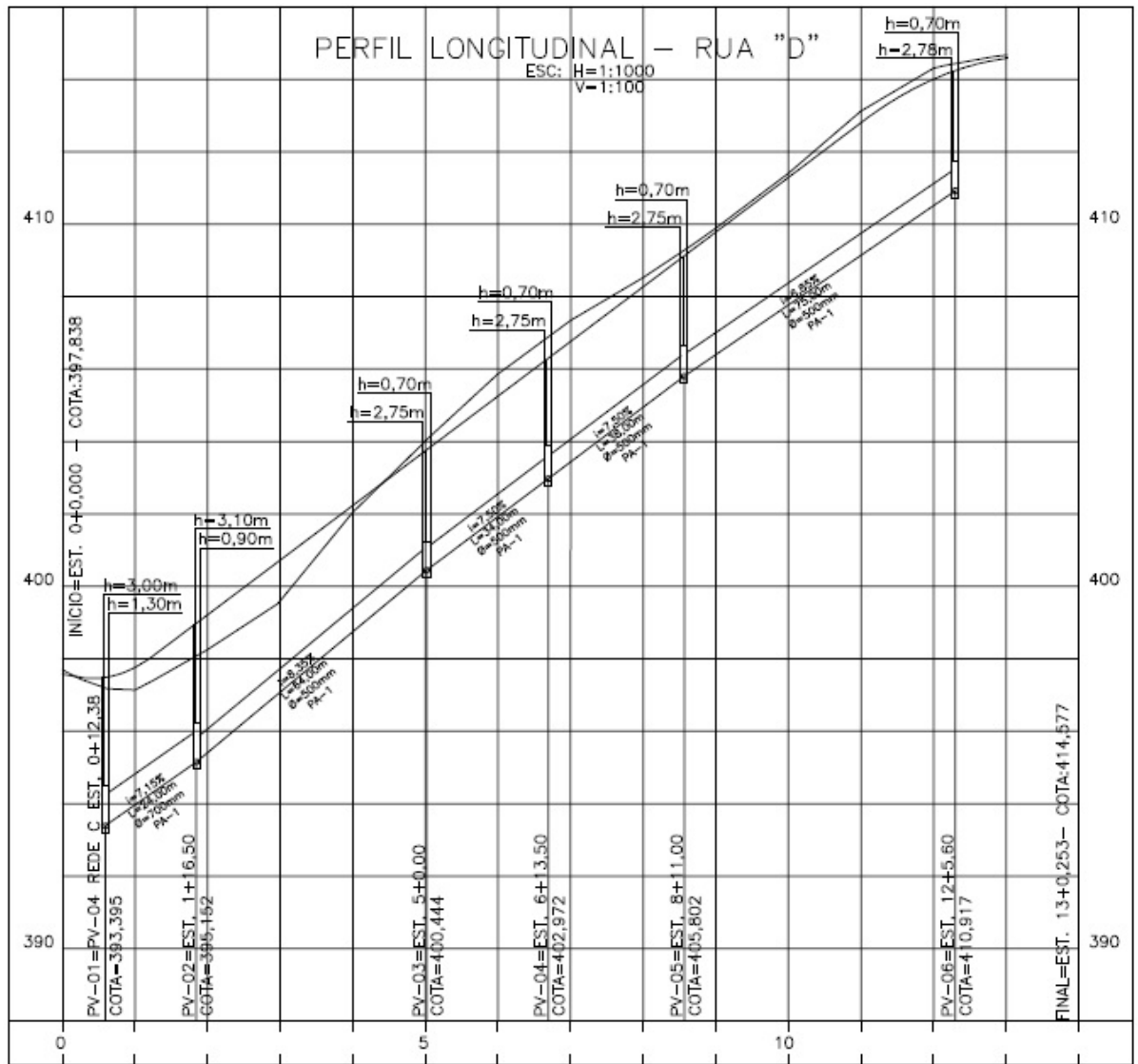


FIGURA 21 – Perfil rua "D"  
 Fonte: Construtora Altiare, 2014

TABELA 2  
Quantidades orçadas redes de águas pluviais

ATIVIDADE	QUANTIDADE
Rede tubular de concreto armado	942 ml

Fonte: Projetos GNZ

TABELA 3  
Rede de águas pluviais - Orçamento

Diâmetro	Quantidade	Valor orçado
Rede tubular de concreto – PA-01 – D=400 mm	70m	R\$ 6.808,20
Rede tubular de concreto – PA-01 – D=500 mm	618m	R\$ 75.062,28
Rede tubular de concreto – PA-01 – D=600 mm	40m	R\$ 5.859,60
Rede tubular de concreto – PA-01 – D=700 mm	93m	R\$ 17.972,25
Rede tubular de concreto – PA-01 – D=100 mm	121m	R\$ 42.811,01
Escavação mecânica de valas em material de 1ª categoria	2.805m <sup>3</sup>	R\$ 8.274,75
Carga mecanizada de terra em caminhão basculante	242,93m <sup>3</sup>	R\$ 145,76
Transporte em material de qq. Natureza DMT=1km	242,93m <sup>3</sup>	R\$ 442,13
Apiloamento de fundo de vala	919m <sup>2</sup>	R\$ 1.470,40
Reaterro manual de valas	259m <sup>3</sup>	R\$ 3.781,40
Reaterro compactado com equipamento placa vibratória ou similar	2.126m <sup>3</sup>	R\$ 14.669,40
Escoramento contínuo de valas	926m <sup>2</sup>	R\$ 15.408,64
<b>TOTAL</b>		<b>R\$ 192.705,82</b>

Fonte: Projetos GNZ e Construtora Altiare

#### 4.2.3 Dimensionamento de rede tubular de concreto

A empresa responsável por dimensionar e projetar as de rede de águas pluviais para a obra foi a “GNZ Engenharia, Consultoria e Topografia”.

Para o cálculo da rede foi necessário coletar dados locais, tais como frequência de chuvas em função de sua precipitação, tempo de concentração e intensidade, em média histórica de 24 anos.

Com os dados coletados, e análise do terreno considerando suas declividades naturais para escoamento de água, foi possível a entrega de projeto e memorial descritivo contemplando as redes tubulares de concreto com seus respectivos diâmetros, declividades e metragens.

#### *4.2.4 Situação inicial canteiro da obra*

As FIGURAS 22, 23, 24 e 25 indicam a situação dos acessos e canteiro da obra onde os serviços de drenagem foram iniciados.

O condomínio é composto por quatro ruas: “A”, “B”, “C” e “D”.



FIGURA 22 – Vista ruas “B” e “C” do condomínio  
Fonte: Arquivo próprio, 2014



FIGURA 23 – Vista ruas “B”, “C” e “D” do condomínio  
Fonte: Arquivo próprio, 2014



FIGURA 24 – Vista rua “A” do condomínio  
Fonte: Arquivo próprio, 2014



FIGURA 25 – Vista ruas “A” e “D” do condomínio  
Fonte: Arquivo próprio, 2014

#### *4.2.5 Planejamento da atividade*

A data para início da primeira etapa da obra (infraestrutura) era 01/07/2014, porém devido a problemas internos, a obra foi iniciada realmente em 15/10/14, data onde a empresa iniciou suas mobilizações de mão de obra, equipamentos e infra-estrutura para a execução das atividades.

Devido aos atrasos não previstos para iniciar a obra, esta iniciou suas atividades em período de chuvas na região. O prazo para a execução da drenagem profunda era de quatro meses, indicada no cronograma inicial. Como o volume das águas escoadas no terreno em dias de chuvas era alto, ficou inviável continuar com esta solução técnica. O volume de escavação era alto, com profundidades das escavações consideráveis e declividade alta. Com o terreno encharcado não seria seguro executar tal serviço, e além da segurança a atividade iria demorar o dobro do tempo previsto em cronograma.

As FIGURAS 26, 27, 28 e 29 mostram a situação do canteiro e dos acessos após dias de fortes chuvas.



FIGURA 26 – Situação taludes e rua “A” após chuva  
Fonte: Arquivo próprio, 2014



FIGURA 27 – Situação taludes e rua “A” após chuva  
Fonte: Arquivo próprio, 2014



FIGURA 28 – Situação taludes e rua “C” após chuva  
Fonte: Arquivo próprio, 2014



FIGURA 29 – Situação taludes e rua “A” após chuva  
Fonte: Arquivo próprio, 2014

Verificando a situação complicada de campo para execução da atividade o corpo técnico da empresa buscou alternativas para o problema. Foram feitas reuniões

com empresas especializadas em tubos helicoidais de PVC, e após a pesquisa foi decidido a modificação do projeto de drenagem em tubos circulares de concreto armado para tubos de PVC Rib Loc.

#### 4.2.6 Tecnologia Rib Loc

Hoje no mercado são fabricados tubos com dimensões que variam de 300 a 3.000 mm (Manual Técnico da empresa Drenartec, 2014).

Conforme Lima, *et al.* (2010), para um bom dimensionamento de rede, devem ser consideradas as tensões horizontais efetivas do solo, que devem ser maiores que as verticais para não causar o achatamento do tubo.

“Possuem baixa rugosidade, o que permite que sejam projetadas redes com menores diâmetros, declividades e conseqüentemente reduz o volume de escavação. Sendo feitos em PVC, estes tubos apresentam resistência química a todos os produtos normalmente encontrados nas tubulações de drenagem e resistência a abrasão, sendo mais resistentes que os tubos de aço” (Manual Técnico da empresa Drenartec, 2014, p. 01).

Ainda de acordo com o Manual Técnico da empresa Drenartec (2014), este sistema possui um número menor de juntas devido ao grande comprimento dos tubos reduzindo a possibilidade de ocorrência de vazamentos. Como os diâmetros são menores que os dos tubos de concreto em rede equivalente, o processo de escavação é o mesmo, porém com menor volume de material e menos horas de equipamento para escavação.

Lima, *et al.* (2010) descrevem que a descida dos tubos na vala é feita após execução de um berço com material de granulometria fina (como areia, cascalho ou pó de pedra). A espessura de 15 cm para este material deve ser respeitada. Devido ao seu baixo peso possui fácil manuseio na obra. Após a descida do tubo, o mesmo deverá ser envolto com o mesmo material fino do berço com uma altura de 20 cm, compactando manualmente o material para não haver o achatamento

do tubo. O reaterro após esta altura é feito com o material oriundo da escavação, respeitando a compactação em camadas de 20 em 20 cm. As FIGURAS 30, 31 e 32 mostram o esquema para instalação correta em vala dos tubos Rib Loc.

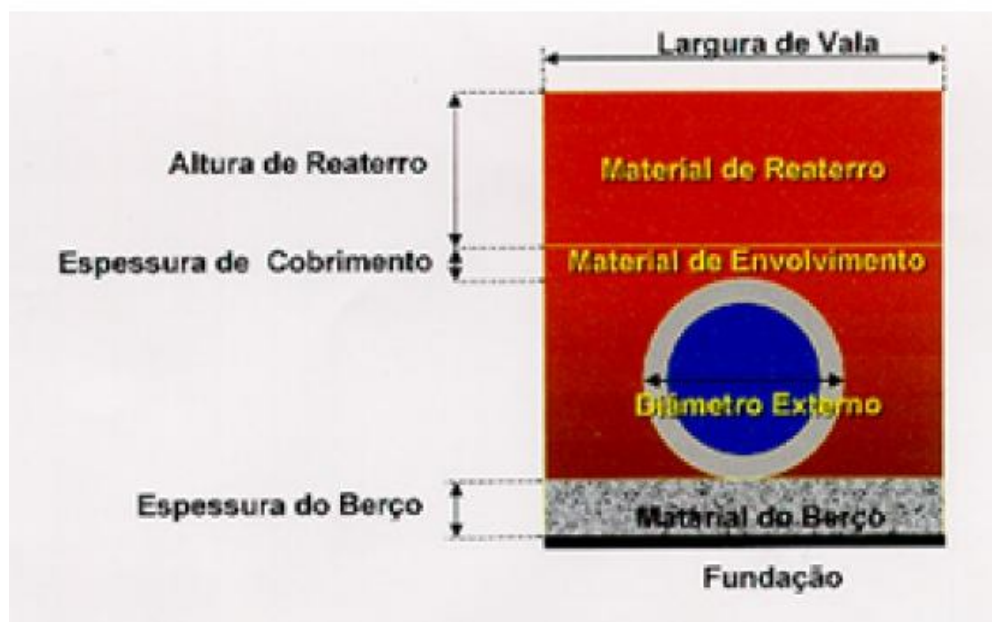


FIGURA 30 – Esquema instalação tubos Rib Loc  
Fonte: Manual Técnico da empresa Drenartec, 2014

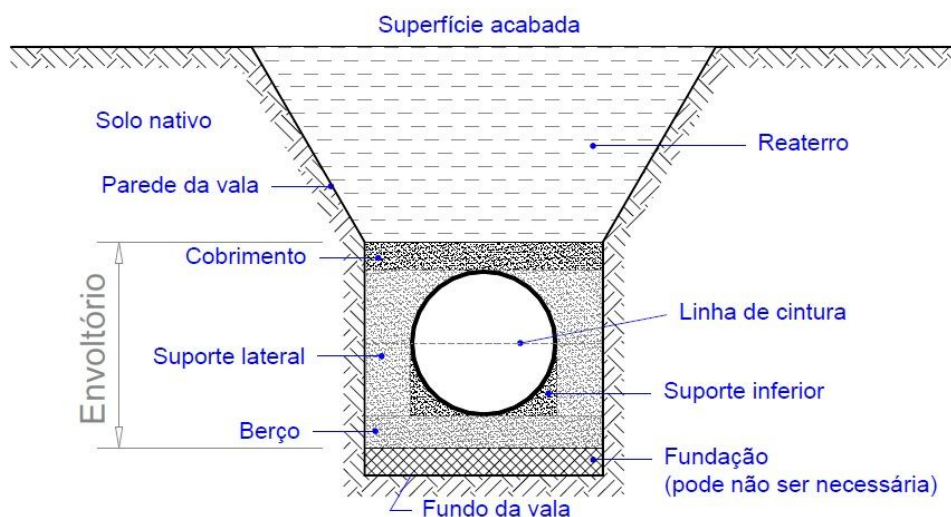


FIGURA 31 – Esquema instalação tubos Rib Loc  
Fonte: Manual Técnico da empresa Aqueduto, 2014



FIGURA 32 – Corte exemplificando o assentamento correto dos tubos Rib Loc  
Fonte: Manual Técnico da empresa Aqueduto, 2014

#### *4.2.7 Mudança tubos de concreto por tubos PVC Rib Loc*

A substituição dos tubos de concreto por tubos PVC Rib Loc nas redes de drenagem da obra teve como objetivo:

- Diminuir as alturas de escavação de valas;
- Diminuir os volumes de escavação de valas;
- Diminuir o porte dos equipamentos de escavação e transporte de tubos;
- Eliminar reaterro com material argiloso, que não pode ser feito com chuva;
- Viabilizar reaterro com areia, que pode ser executado com tempo chuvoso;
- Diminuir prazo de execução;
- As alterações respeitam o limite de custo orçado.

A TABELA 4 mostra as mudanças nas atividades a serem executadas, seus novos quantitativos e valores.

TABELA 4  
Rede de águas pluviais - Executado

Diâmetro	Quantidade	Valor
Rede tubular de Rib Loc – D=300 mm	469m	R\$ 33.768,00
Rede tubular de Rib Loc – D=350 mm	75m	R\$ 6.225,00
Rede tubular de Rib Loc – D=400 mm	20m	R\$ 1.900,00
Rede tubular de Rib Loc – D=450 mm	144m	R\$ 15.408,00
Rede tubular de Rib Loc – D=500 mm	85m	R\$ 10.625,00
Rede tubular de Rib Loc – D=600 mm	52	R\$ 8.476,00
Rede tubular de Rib Loc – D=800 mm	98	R\$ 28.420,00
Rede tubular de Rib Loc – D=850 mm	32	R\$ 9.856,00
Rede tubular de Rib Loc – D=950 mm	15	R\$ 6.270,00
Escavação mecânica de valas em material de 1ª categoria	2.557m <sup>3</sup>	R\$7.543,15
Apiloamento de fundo de vala	919m <sup>2</sup>	R\$ 1.470,40
Volume de camada de areia	873m <sup>3</sup>	R\$ 26.190,00
Reaterro compactado com equipamento placa vibratória ou similar	1.553m <sup>3</sup>	R\$ 10.715,70
Escoramento contínuo de valas	1.108m <sup>2</sup>	R\$ 18.437,12
<b>TOTAL</b>		<b>R\$ 185.304,37</b>

Fonte: Projetos GNZ e Construtora Altiare

#### 4.2.8 Modificações no projeto

Com as mudanças de tubos de concreto para tubos PVC Rib Loc, os diâmetros das redes diminuíram significativamente, e as inclinações da rede também pois como a velocidade de escoamento dos tubos de PVC é alta, não é necessário nem grandes inclinações nem grandes diâmetros para que o escoamento das

águas das chuvas se dê de forma rápida. As FIGURAS 33 e 34 demonstram as revisões das redes.

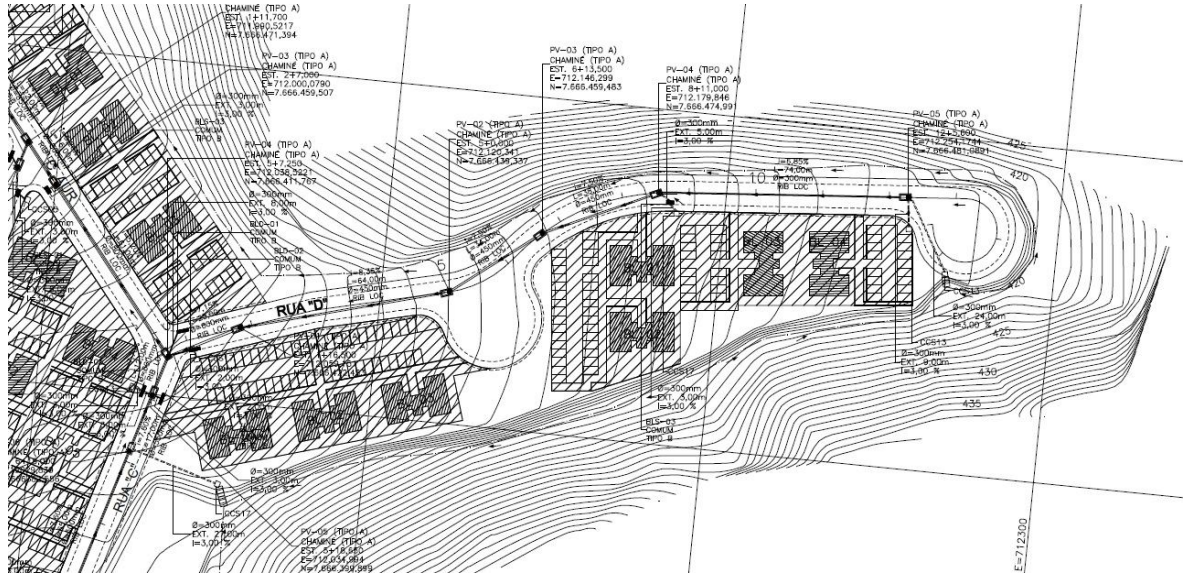


FIGURA 33 – Parte do projeto da Rede de Drenagem profunda revisado  
Fonte: Construtora Altiare, 2014

#### 4.2.9 Execução da atividade

Os tubos helicoidais de PVC Rib Loc podem chegar à obra de duas formas, ou já montados e extrudados, com comprimento máximo compatível com o caminhão que o está transportando, ou em bobinas para ser montado “in loco” com equipamento específico. No caso da obra, como a fábrica era próxima do local de aplicação (280 km) escolheu-se o transporte via caminhão e comprimento dos tubos equivalente a 7m. As FIGURAS 35, 36, 37 e 38 exemplificam a chegada do material à obra e armazenamento correto para posterior utilização.

Pelas FIGURAS 36, 37 e 38 é possível notar que a descarga é muito simples devido aos tubos serem leves, e como a obra necessitou de variados diâmetros, as cargas puderam ser otimizadas, já que os tubos puderam ir um dentro do outro nos carregamentos.

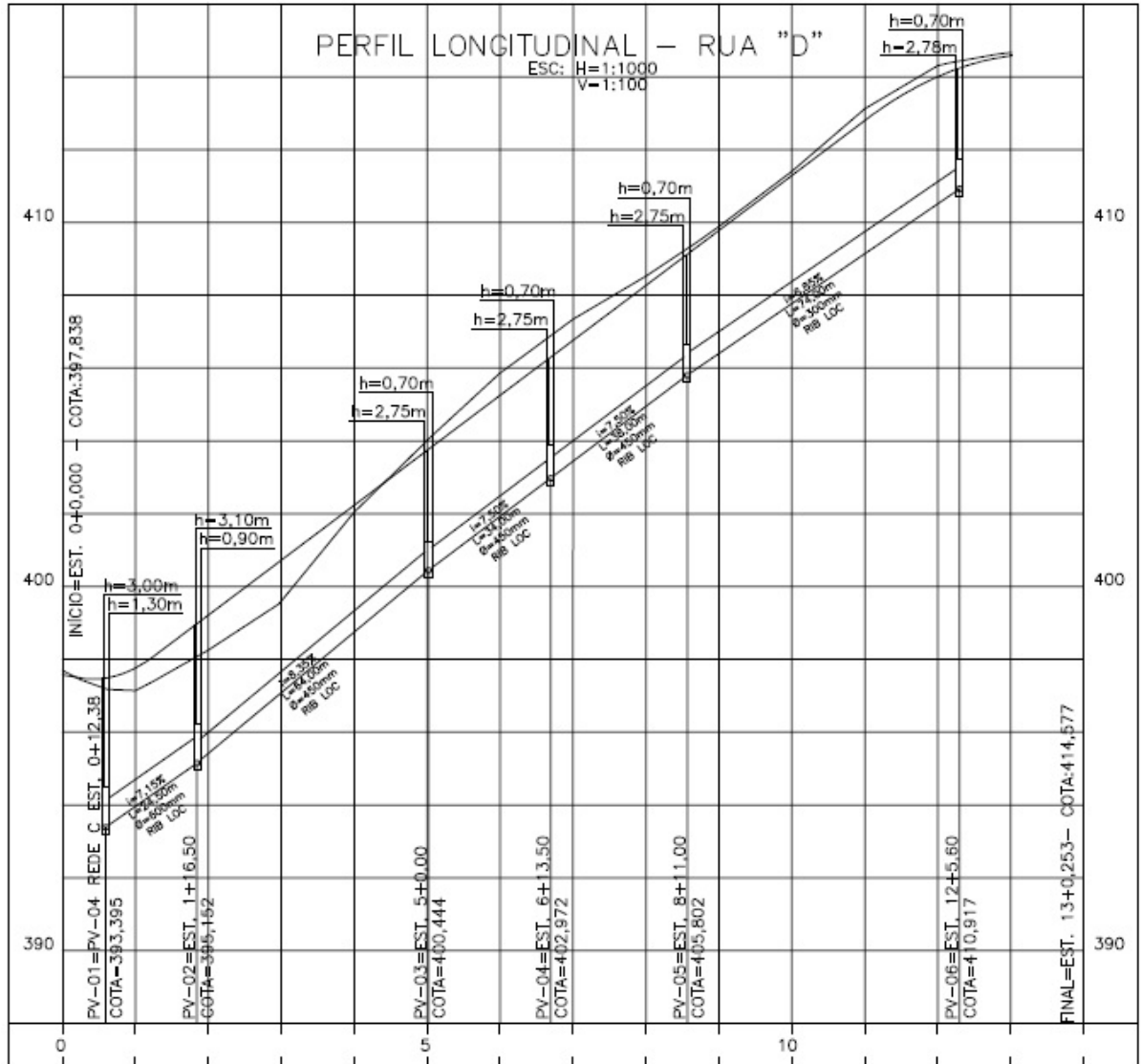


FIGURA 34 – Perfil rua "D" revisado  
 Fonte: Construtora Altiare, 2014

Sua armazenagem também é muito simples, como pode ser verificado na FIGURA 38.

Como o peso do material é baixo, a retroscavadeira atendeu o serviço de forma satisfatória, conseguindo abrir as valas, carregar o material e posicioná-lo de forma satisfatória e sem riscos na vala. Estas situações são exemplificadas nas FIGURAS 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45 e 46. Como o terreno era favorável, não foi necessário a utilização do berço de pó de pedra para o assentamento do tubo.



FIGURA 35 – Chegada da primeira carga de tubos Rib Loc à obra  
Fonte: Arquivo próprio, 2015



FIGURA 36 – Descarga tubos Rib Loc  
Fonte: Arquivo próprio, 2015



FIGURA 37 – Descarga Tubos Rib  
Fonte: Arquivo próprio, 2015



FIGURA 38 – Armazenamento tubos Rib Loc  
Fonte: Arquivo próprio, 2015



FIGURA 39 – Transporte tubos Rib Loc até a vala  
Fonte: Arquivo próprio, 2015



FIGURA 40 – Transporte tubos Rib Loc até a vala  
Fonte: Arquivo próprio, 2015



FIGURA 41 – Escavação valas  
Fonte: Arquivo próprio, 2015



FIGURA 42 – Escavação valas  
Fonte: Arquivo próprio, 2015



FIGURA 43 – Escavação valas e acerto manual fundo vala  
Fonte: Arquivo próprio, 2015



FIGURA 44 – Escavação valas e acerto manual fundo vala  
Fonte: Arquivo próprio, 2015



FIGURA 45 – Montagem dos tubos PVC Rib Loc com auxílio de retroescavadeira  
Fonte: Arquivo próprio, 2015



FIGURA 46 – Posicionamento manual tubos Rib Loc para colagem juntas  
Fonte: Arquivo próprio, 2015

As FIGURAS 47, 48, 49 e 50 mostram o reaterro da vala com o pó de pedra, com distâncias laterais de 20 cm de cada lado e uma camada superior também de 20 cm.

Após a camada superior de 20 cm de pó de pedra, foi utilizado o material da escavação para terminar o reaterro.

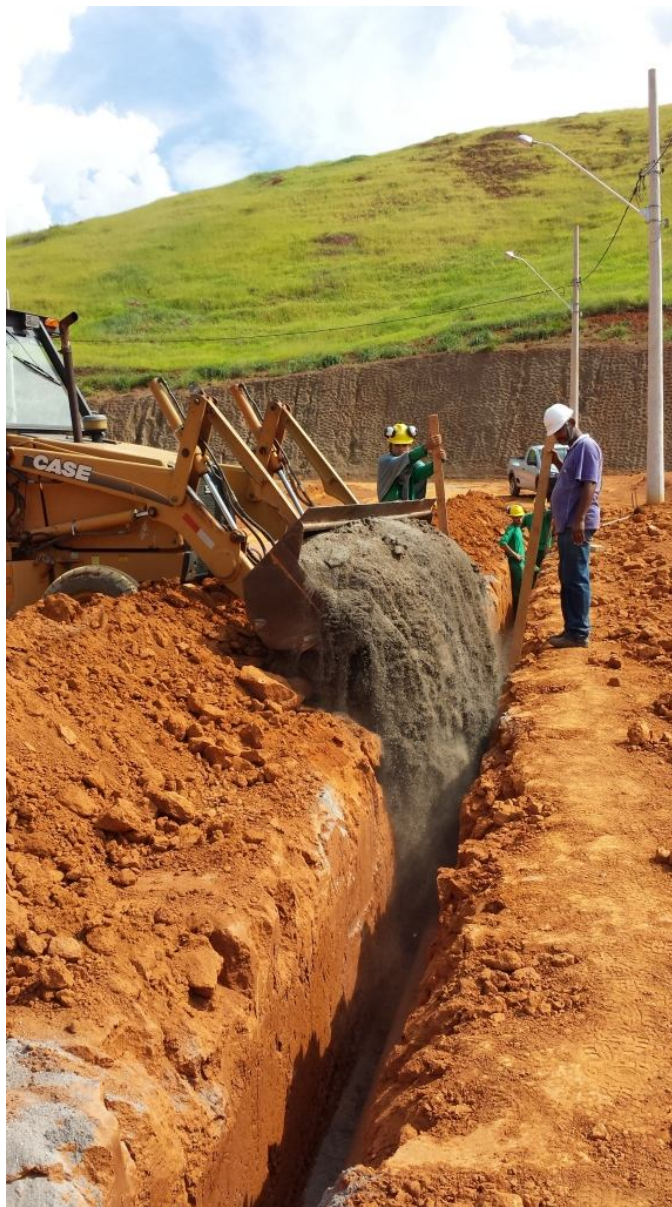


FIGURA 47 – Reaterro com pó de pedra  
Fonte: Arquivo próprio, 2015

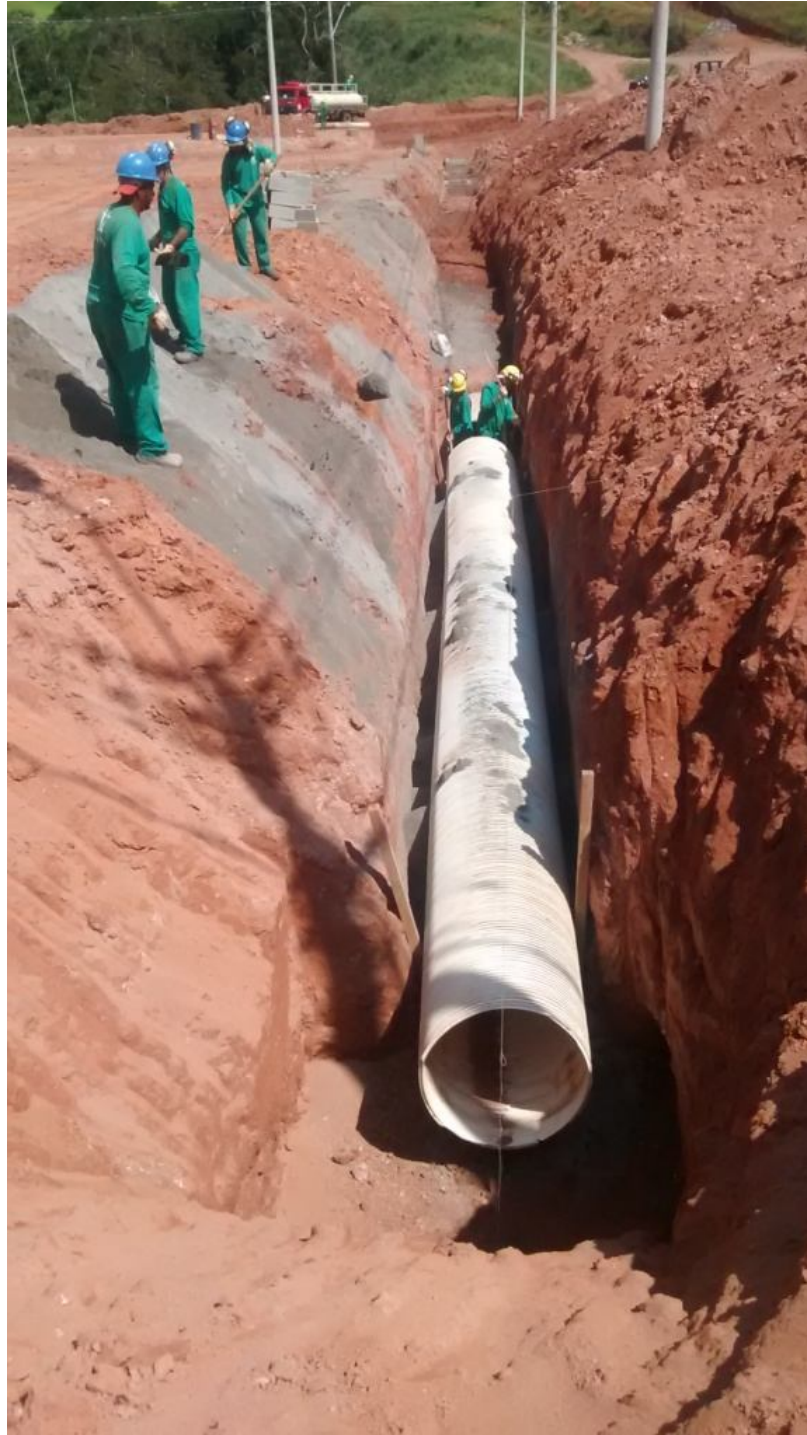


FIGURA 48 – Reaterro lateral com pó de pedra  
Fonte: Arquivo próprio, 2015



FIGURA 49 – Tubo reaterrado com pó de pedra  
Fonte: Arquivo próprio, 2015



FIGURA 50 – Reaterro com material de escavação  
Fonte: Arquivo próprio, 2015

O material para reaterro e compactação era colocado em umidade ótima com auxílio de caminhão pipa, conforme FIGURA 51.



FIGURA 51 – Compactação com auxílio caminhão pipa  
Fonte: Arquivo próprio, 2015

Todo o material de reaterro foi compactado com equipamento mecânico, compactador tipo Mikasa, conforme FIGURAS 52 e 53.



FIGURA 52 – Compactação com equipamento mecânico tipo Mikasa  
Fonte: Arquivo próprio, 2015



FIGURA 53 – Compactação com equipamento mecânico tipo Mikasa  
Fonte: Arquivo próprio, 2015

A FIGURA 54 mostra a rede compactada até a camada de pó de pedra e as FIGURAS 55 e 56 mostram a rede compactada e liberada para tráfego.



FIGURA 54 – Rede compactada  
Fonte: Arquivo próprio, 2015



FIGURA 55 – Rede compactada  
Fonte: Arquivo próprio, 2015



FIGURA 56 – Redes de drenagem profundas executadas e liberado o tráfego  
Fonte: Arquivo próprio, 2015

## 5. RESULTADOS

No estudo da viabilidade para a troca dos tubos circulares de concreto armado pelos tubos PVC Rib Loc, foi considerado que apesar do novo material ser muito mais oneroso, sua aplicação e rapidez tornariam o processo viável, tanto em custo quanto em prazo.

A FIGURA 57 descreve a troca da solução técnica, como o cálculo de volume de escavação, considerando escavação, reaterro e compactação. Foi considerado o mesmo quantitativo de mão de obra para o comparativo.

TROCA TUBO CONCRETO POR TUBO RIB LOC								
QUANTIDADES - RIB								
ITEM	D (mm)	ÁREA TUBO (m <sup>2</sup> )	" L " vala (m)	" H " vala areia (m)	" C " vala (m)	" H " vala escav (m)	Vol. Areia (m <sup>3</sup> )	Vol. BF (m <sup>3</sup> )
1	300	0,0707	0,70	0,60	469,00	1,20	163,83	163,83
2	350	0,0962	0,75	0,65	75,00	1,25	29,35	29,35
3	400	0,1257	0,80	0,70	20,00	1,30	8,69	8,69
4	450	0,1590	0,85	0,75	144,00	1,35	68,90	68,90
5	500	0,1964	0,90	0,80	85,00	1,40	44,51	44,51
6	600	0,2827	1,00	0,90	52,00	1,50	32,10	32,10
7	800	0,5027	1,20	1,10	88,00	1,70	71,93	71,93
8	850	0,5675	1,25	1,15	32,00	1,75	27,84	27,84
9	950	0,7088	1,35	1,25	15,00	1,85	14,68	14,68
<b>TOTAL</b>					<b>980,00</b>		<b>461,81</b>	<b>461,81</b>
COMPARATIVO								
AREIA =	461,81 m <sup>3</sup>	x	R\$	45,00	=	R\$	20.781,67	CUSTO RIB LOC
B.F. =	600,36 m <sup>3</sup>	x	R\$	2,42	=	R\$	1.452,87	
RIB LOC =	1,00 vb	x	R\$	207.412,00	=	R\$	207.412,00	
TUBO C. =	1,00 vb	x	R\$	141.655,50	=	R\$	141.655,50	CUSTO TUBO CONC.
REG. VL =	101,70 m <sup>2</sup>		R\$	1,60	=	R\$	162,72	
CONC =	202,00 m	x	R\$	199,54	=	R\$	40.307,08	
FORMA =	202,00 m	x	R\$	72,50	=	R\$	14.645,00	
ARM. =	202,00 m	x	R\$	100,26	=	R\$	20.252,52	
CHAP. =	202,00 m	x	R\$	6,50	=	R\$	1.313,00	
REAT. M =	259,00 m <sup>3</sup>	x	R\$	14,60	=	R\$	3.781,40	
REAT. =	461,81 m <sup>3</sup>	x	R\$	6,90	=	R\$	3.186,52	
ESCAV. =	395,59 h	x	R\$	12,88	=	R\$	5.095,20	
<b>RESULTADO</b>						<b>-R\$</b>	<b>589,68</b>	<b>-0,26%</b>
<b>CONCLUSÃO</b> : A troca de tubo de concreto irá economizar <b>R\$ 589,68 (0,26 %)</b> .								

FIGURA 57 – Comparativo de custo entre as soluções técnicas  
Fonte: Arquivo próprio, 2014

## 6. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Em planejamento inicial de obra era previsto 942 m de rede tubular em concreto, com um custo de R\$ 192.705,82 para material, execução e mão de obra. Este serviço seria executado em um período de quatro meses, considerando início em dezembro/2014 e fim em março/2015. A atividade era prevista em período de chuvas intensas na região, de acordo com as médias históricas.

Com a troca de solução técnica para a atividade, a rede de águas pluviais profunda mudou sua extensão de 942 m para 990 m, considerando rede principal e ramais. Sua execução ocorreu em aproximadamente dois meses (iniciando em 02/02/2015 e finalizando em 20/03/2015). O valor total gasto para a execução desta atividade foi o previsto, de R\$ 185.304,37.

Para melhoria do processo, ao invés da areia como material de reaterro, em conjunto com especialistas da empresa responsável pelo Rib Loc (Drenartec), a obra conseguiu aprovar a utilização do pó de pedra, que é metade do valor do m<sup>3</sup> da areia fina na região. E ainda existia o problema da dificuldade de se conseguir a areia fina na cidade para utilização neste serviço, já que a quantidade necessária era alta.

Também houve melhoria de processo na utilização do equipamento para escavação e montagem dos tubos Rib Loc. Para os tubos de concreto, devido a profundidade de escavação seria necessário a utilização de escavadeira hidráulica. Com as modificações no processo construtivo foi possível a utilização de retroescavadeira apenas, que possui custo 50% mais barato.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A engenharia possui como característica principal a busca constante por novas tecnologias e melhoria contínua de processos. É sempre necessário planejar com o máximo de detalhes qualquer atividade a ser executada em uma obra, sempre pensando em alternativas caso a situação escolhida não dê certo por algum motivo.

No caso desta obra em específico, o planejamento ocorreu com muitos meses de antecedência e cada solução técnica foi muito bem pensada, devido a dificuldades de recursos na região (tanto materiais quanto equipamentos e mão de obra). Além disto, por ser uma obra com foco na baixa renda, o orçamento é muito limitado. Então todas as soluções foram pensadas com máximo de qualidade para um custo limitado.

Devido às características citadas, ao longo da execução da infraestrutura, várias atividades sofreram mudança em seu escopo e ajustes foram feitos constantemente para a melhoria do processo.

A mudança do tubo circular de concreto armado para tubos PVC Rib Loc foi bem pensada, planejada e executada com sucesso. Este estudo mostra que para obras com características similares, como MCMV (Minha Casa Minha Vida) e até obras de infraestrutura urbana e rodoviária de responsabilidade de órgãos públicos, a substituição do tubo convencional de concreto para tubos helicoidais de PVC é extremamente viável. Se for observado apenas a questão do custo a troca não é tão vantajosa pois os valores das duas tecnologias no final foram praticamente os mesmos (diferença de 0,26%). Porém, o processo de execução e a qualidade do produto final são indiscutíveis. Se aplicado de forma correta, o tubo de PVC Rib Loc tem a durabilidade 5x superior ao tubo de concreto. Sem contar que a execução da atividade é completamente sem riscos para o trabalhador, e a escavação da vala e reaterro da mesma é muito simples.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT NBR 8890:2008. *Tubos de concreto de seção circular para águas pluviais e esgotos sanitários – Requisitos e métodos de ensaio*. 2008. 36f.

COMUT online: *Definição drenagem*. Disponível em: <[www.dicionariodoaurelio.com.br/drenagem](http://www.dicionariodoaurelio.com.br/drenagem)>. Acesso em 02 agosto 2015.

COMUT online: *Definição drenagem*. Disponível em: <[www.pt.wikipedia.org/wiki/Drenagem](http://www.pt.wikipedia.org/wiki/Drenagem)>. Acesso em 02 agosto 2015.

COMUT online: *História da drenagem*. Disponível em: <[www.drb-assessoria.com.br/1historiadadrenagem.pdf](http://www.drb-assessoria.com.br/1historiadadrenagem.pdf)> . Acesso em 02 agosto 2015.

COMUT online: *Relatório do workshop em Goiânia, 2003*. Disponível em: <[www.semarh.se.gov.br/modules/wfdownloads/visit.php?cid=1&lid=185](http://www.semarh.se.gov.br/modules/wfdownloads/visit.php?cid=1&lid=185)>. Acesso em 02 agosto 2015.

COMUT online: *Lei Federal nº11.445/2007 (Lei Federal de Saneamento Básico)*, 2007. Disponível em: <[www.cedae.com.br/ri/Regulacao\\_Lei\\_11445.pdf](http://www.cedae.com.br/ri/Regulacao_Lei_11445.pdf)>. Acesso em 02 agosto 2015.

COMUT online: *Associação brasileira de tubos de concreto*. Disponível em: <[www.abtc.com.br/site/tubos\\_aduelas.php](http://www.abtc.com.br/site/tubos_aduelas.php)>. Acesso em 02 agosto 2015.

COMUT online: *Empresa Artefatos Delta*. Disponível em: <[www.artefatosdelta.com.br/tubos-concreto.php](http://www.artefatosdelta.com.br/tubos-concreto.php)>. Acesso em 02 agosto 2015.

COMUT online: *Manual Técnico de instalação tubos estruturados de PVC Rib Loc*, 2014. Empresa Drenartec. Belo Horizonte, MG. 2014. Disponível em <[www.drenartec.com.br](http://www.drenartec.com.br)>. Acesso em 02 agosto 2015.

COMUT online: *Manual Técnico de instalação para obras de drenagem pluvial*, 2014. Empresa Aqueduto. Cabreúva, SP. Maio 2014 . Disponível em: <[www.aqueduto.com.br](http://www.aqueduto.com.br)>. Acesso em 02 agosto 2015.

DEBS, Mounir. *Projeto estrutural de tubos de concreto armado*. 1ª Edição. Departamento de engenharia de estruturas - Escola de engenharia de São Carlos – USP. São Paulo: Associação Brasileira dos Fabricantes de Tubos de Concreto. 2003. 69f.

LIMA, Jander; NASCIMENTO, Lucas; BITTENCOURT, Mirian. *Estudo e comparativo entre tubos circulares rígidos de concreto e tubos circulares flexíveis de PVC Rib Loc para águas pluviais*. 2010. 93f. Trabalho de conclusão de curso - Faculdade de Engenharia da Universidade Vale do Rio Doce. Governador Valadares, MG. 2010.

SCHIMITZ, Cristiane Salerno. *Análise do comportamento estrutural de sistemas de drenagem viária constituídos por tubos plásticos flexíveis envolvidos com areia*. 2002. 170f. Dissertação (mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Transportes. São Paulo, SP.

SILVA, Jefferson. *Análise de tubos circulares de concreto armado para o ensaio de compressão diametral com base na teoria da confiabilidade*. 2011. 172f. Escola de engenharia de São Carlos. São Carlos, SP. 2011.

RELVAS, Fernando; GIMENEZ, Arílio; SEGNINI, Marco Aurélio. *Rede de Drenagem Pluvial com Tubos de Concreto*, 2004. Disponível em: <[//techne.pinni.com.br/engenharia-civil/93/artigo287353-1.aspx](http://techne.pinni.com.br/engenharia-civil/93/artigo287353-1.aspx)>. Acesso em 02 agosto 2015.